91-07052/

LE GROUPE TAI

Le groupe Technologie, Affaires internationales et Institut de recherche d'Hydro-Québec (TAI) effectue des recherches, des essais et des travaux de développement et de démonstration dans les domaines du transport, de la distribution, de la production et des applications de l'électricité.

Appareillage électrique, câbles, lignes aériennes, isolation interne et externe, mécanique, électronique, chimie et technologie des matériaux, simulation et analyse de réseaux, électrotechnologies industrielles, efficacité énergétique, tels sont ses grands domaines d'activité. Le groupe commercialise, seul ou avec des partenaires extérieurs, certains des produits mis au point dans ses laboratoires et dans divers autres services d'Hydro-Québec. Il planifie pour l'entreprise les grandes orientations technologiques des années à venir. Plusieurs filiales d'Hydro-Québec assurent en outre un prolongement aux activités technologiques du groupe. Ainsi, Hydro-Québec International met à la disposition de quelque 30 pays le savoir-faire de l'entreprise, tandis que Nouveler gère un ensemble de filiales vouées à la mise en marché des produits technologiques. Autres exemples de partenariat technologique et commercial, le Centre d'innovation en transport d'énergie du Québec (CITEQ), fondé conjointement avec la société ABB, et la firme ACEP inc., créée en vertu d'une entente avec la société japonaise Yuasa Battery Co.

Le groupe TAI compte 586 postes permanents, auxquels s'ajoutent une centaine de postes temporaires. Un budget de 109 millions de dollars a été consacré à ses activités en 1990. Le groupe dispose d'importantes installations de recherche et d'essais : deux grands laboratoires, l'un à haute tension et l'autre de grande puissance, pour les essais de matériels et de réseaux à très haute tension ; un centre d'études et de simulation de réseaux ; un laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies ; et, enfin, une soixantaine de petits laboratoires spécialisés.

En plus des travaux qu'il accomplit pour Hydro-Québec, le groupe TAI poursuit quantité de recherches et d'essais pour le compte de clients extérieurs.

K5188
I51
A1
1990
Ex. 2

MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL ET CHEF DE LA DIRECTION D'HYDRO-QUÉBEC

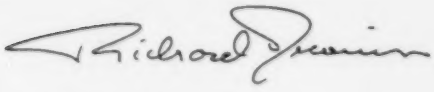
Depuis plusieurs décennies, la technologie constitue l'une des principales valeurs d'entreprise d'Hydro-Québec et contribue à son succès dans l'exploitation et l'expansion de son réseau. Qu'il s'agisse de la qualité du service, de l'équilibre entre l'offre et la demande, de l'environnement ou de la santé financière de l'entreprise, le développement technologique a sans cesse été au cœur de tous les aspects de la mission d'Hydro-Québec.

Ce qui est vrai aujourd'hui l'était également il y a vingt ans, lors de la création de l'IREQ, l'Institut de recherche d'Hydro-Québec. L'IREQ a célébré cette année son vingtième anniversaire et je suis très fier d'en souligner les réalisations et de féliciter son personnel, un groupe éminent d'hommes et de femmes qui se consacrent aux recherches et aux essais dans les domaines du transport, de la production et de la distribution de l'électricité, ainsi qu'à l'exploration de nouvelles avenues énergétiques.

De multiples occasions m'ont été offertes cette année de constater à quel point le personnel scientifique et technique d'Hydro-Québec a fait sa marque tant au sein de l'entreprise qu'à l'extérieur. Cette présence a revêtu diverses formes : signature d'une entente de fabrication des nouveaux accumulateurs ACEP avec la société japonaise Yuasa Battery Co., vente de logiciels à la ville de Los Angeles, participation au projet international de fusion magnétique, installation de nouveaux disjoncteurs grand froid, essais de câbles souterrains et de câbles à fibres optiques, mise au point de logiciels de planification, travaux sur la supraconductivité au sein d'un consortium canadien, etc.

Hydro-Québec investit 2,2 % de son chiffre d'affaires dans la recherche-développement et, d'ici à 1996, ces investissements totaliseront quelque 880 millions de dollars. Forte d'une main-d'œuvre scientifique et technique des plus compétentes et d'un important parc de laboratoires, c'est avec grande confiance qu'Hydro-Québec envisage son avenir technologique.

Le président du Conseil et chef de la Direction,



Richard Drouin, c.r.

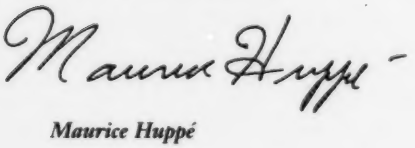
MESSAGE DU VICE-PRÉSIDENT EXÉCUTIF DU GROUPE TAI

Avant d'aborder le bilan des travaux du groupe TAI pour l'année écoulée, je voudrais parler des femmes et des hommes qui forment ce groupe et pour qui le développement technologique est une préoccupation quotidienne. Je veux bien sûr leur transmettre mes remerciements et mes félicitations, mais, surtout, leur dire à quel point leurs efforts contribuent au rendement de l'entreprise. Leurs talents continueront d'ailleurs d'être sollicités dans les années à venir, car les défis technologiques qu'il nous faut relever sont encore nombreux.

Les travaux accomplis cette année ont fait la preuve que le groupe TAI constitue un partenaire technologique de premier plan. Il agit d'abord en tant que partenaire des unités techniques de l'entreprise, avec lesquelles il planifie soigneusement les besoins et les objectifs, et pour le compte desquelles il poursuit des recherches et réalise des essais. Il est aussi partenaire du monde industriel, et travaille de concert avec lui à mettre au point de nouveaux appareils et de nouvelles technologies, ainsi qu'à fabriquer de nouveaux produits. La collaboration des firmes Yuasa Battery, ABB, GEC Alsthom Énergie, Joslyn Canada, Vibro-Meter, Les Câbles Canada, Systèmes M3I, entre autres, témoigne éloquemment du dynamisme de ce partenariat. Enfin, le groupe TAI est un partenaire scientifique de divers organismes gouvernementaux, universités et entreprises tels que l'Université de Montréal, l'Institut national de la recherche scientifique, L'Énergie atomique du Canada et le Conseil de l'industrie de l'hydrogène.

L'année 1990 a marqué le 20e anniversaire de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec. Au cours de cette période, l'IREQ a amplement fait ses preuves et s'est acquis une solide réputation, tant au sein de l'entreprise qu'à l'extérieur. À l'instar de notre président, M. Richard Drouin, je suis fier de ses nombreuses réalisations qui, au fil des ans, ont contribué à accroître l'efficacité du réseau. J'aimerais en terminant rendre hommage à deux membres de la direction qui ont quitté leurs fonctions au sein du groupe TAI. Il s'agit de Toby Gilsig, vice-président Développement technologique et Commercialisation, aujourd'hui président-directeur général de Systèmes M3I, et de Louis Masson, vice-président Laboratoires, maintenant vice-président Planification du réseau. Je les remercie de l'excellent travail qu'ils ont accompli et leur offre mes meilleurs vœux de succès.

Le vice-président exécutif,



Maurice Huppé

TABLE DES MATIÈRES

1 *LE GROUPE TAI*

2 *MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL ET CHEF DE LA DIRECTION D'HYDRO-QUÉBEC*

3 *MESSAGE DU VICE-PRÉSIDENT EXÉCUTIF, GROUPE TAI*

7 *L'IREQ A VINGT ANS*

8 *PLANIFICATION DE LA TECHNOLOGIE*

10 *PRODUCTION*

11 Essais d'appareillage de la centrale La Grande-4 au laboratoire Grande puissance
11 Essais d'équipements de production et de compensation au laboratoire Grande puissance
11 Production hydraulique
12 Stabilisateur numérique
12 Utilisation de l'acier Hydroloy (Ireca) pour la réparation des dommages de cavitation
13 Mesure de la résistance pour le contrôle de la qualité des joints d'alternateurs
13 Mise au point d'un prototype de robot super-compact
14 Chimie des centrales nucléaires
14 Caractérisation des tubes de force des réacteurs nucléaires
14 Logiciel de planification de la production
15 Planification de la production à long terme
15 Utilisation de l'énergie éolienne
16 Matériaux de réparation du béton

17 *TRANSPORT*

18 Homologation des nouveaux disjoncteurs basse température GFX
18 Défaillance des transformateurs de La Grande-4
18 Recherches et essais sur les câbles de garde à fibres optiques intégrées
20 Traversée sous-fluviale
20 Comparaison des normes de parafoudres de poste
21 Coupure d'un courant de court-circuit en l'absence de passage par zéro du courant
21 Essais d'équipements de transport au laboratoire Grande puissance
22 Étude du soulèvement par gel adhésif des fondations de type caisson
23 Raccords électriques aluminium-cuivre
23 Unité mobile d'essais d'appareillage
23 Étude des relais de protection
24 Compensateurs statiques du poste Chamouchouane
25 Étude du réseau multiterminal à courant continu
26 Détection d'isolateurs défectueux
26 Études en mécanique des lignes
27 Contrôle de la qualité des manchons de lignes
27 Protection numérique de postes
28 Projets de recherche multi-annuels sur les matériaux
28 Huiles isolantes pour transformateurs et pour disjoncteurs
29 Essais au laboratoire Haute tension
30 Brouillage électromagnétique
30 Amélioration de la performance des traversées murales CCHT
31 Effets biologiques des champs électriques et magnétiques
32 Évaluation d'isolateurs composites vieillis en service
32 Implantation des logiciels de simulation numérique dans un nouvel environnement informatique
32 Modélisation de la compensation série dans le programme de stabilité ST600
33 Contrôle de l'épandage de phytocides

34 *DISTRIBUTION*

35 Parafoudre antidéflagrant en béton polymère
35 Transformateur à circuit magnétique en acier amorphe
35 Protocole sur la qualité de l'onde chez l'abonné
36 Surveillance de la qualité de l'onde de tension
36 Arcs secondaires
37 Études de vieillissement des jonctions du réseau souterrain
37 Protection contre la corrosion dans les chambres souterraines
37 Protection contre l'arc occasionné par un défaut interne
38 Homologation d'interrupteurs de distribution triphasés à 27 kV
38 Mesure des courants de foudre en distribution
38 Caractérisation des raccords électriques
39 Limite énergétique des transformateurs de distribution
39 Diffusion du PCP dans l'environnement

40 *APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ*

41 Plasmas industriels
41 Nouvelle génération de pompe à chaleur à appoint non électrique
41 Travaux dans le domaine résidentiel
42 Travaux pour l'industrie
42 Économie d'énergie par stockage thermique
43 Électrosynthèse organique
43 Séparation par membranes

44 *PROJETS DE DÉVELOPPEMENT*

44 Entente Yuasa – Hydro-Québec pour la fabrication des nouveaux accumulateurs ACEP
45 Technologies de destruction des BPC
46 Systèmes experts
47 Projet euro-québécois de transport intercontinental d'hydrogène
47 Automatisation de la refonte des parcours de relève des compteurs

48 *INSTALLATIONS ET TECHNIQUES D'ESSAIS*

48 Logiciel de traitement de signaux pour le système mobile d'acquisition numérique
49 Mise en place d'un nouveau système de mesure au laboratoire Grande puissance
49 Le système LISAC
49 Surveillance et entretien prévisionnel des alternateurs par la mesure des décharges partielles
50 Mise en service du nouveau simulateur de réseaux

51 *FILIÈRES À LONG TERME*

52 Modélisation d'un régulateur alternatif supraconducteur
53 Travaux sur la supraconductivité
54 Activités en télérobotique
54 Fusion magnétique
55 Projets de recherche cofinancés par le Conseil de l'industrie de l'hydrogène
56 Autres travaux dans le domaine de l'hydrogène
56 Contrat de recherche pour l'application des piles ACEP à la traction électrique

57 *ACTIVITÉS COMMERCIALES*

58 Commercialisation du système M3I et mise sur pied d'une filiale
58 Acquisition d'une importante partie du capital-actions d'Ultra Optec
58 Commercialisation des systèmes SICC et ALCID
59 Deux licences accordées à Vibro-Meter

60 *ACTIVITÉS INTERNATIONALES*

60 Afrique
62 Asie
63 Antilles et Amérique du Sud
63 Interconnexions électriques multinationales
64 Activités reliées au Somment des pays francophones
64 Congrès du Comité des transformateurs de l'IEEE à Montréal
64 Congrès internationaux sur les contacts électriques

65 *PRIX ET DISTINCTIONS*

67 *ORGANIGRAMME DU GROUPE TAI ET DE FILIALES D'HYDRO-QUÉBEC*

LISTE DES SIGLES

VPE	Vice-présidence Environnement
VPE-CD	Vice-présidence exécutive Clientèle et Distribution
VPEPE	Vice-présidence Équipements de production et Édifices
VPET	Vice-présidence Équipements de transport
VPPE	Vice-présidence Personnel de l'exploitation
VPPR	Vice-présidence Planification du réseau
VPR	Vice-présidence Recherche (groupe TAI)
VPRE	Vice-présidence Réseaux

C'est avec une grande fierté que le personnel du groupe TAI a célébré cette année le vingtième anniversaire de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ). En vingt ans, l'IREQ s'est établi comme un centre de recherche de réputation internationale, contribuant à faire du Québec un des leaders mondiaux en matière de génie électrique.

L'idée de créer un centre de recherche en électricité est née au milieu des années 60, alors que le Québec s'engage dans les grands projets hydroélectriques. Avec un réseau en pleine expansion, unique au monde par son envergure et sa complexité, Hydro-Québec se doit en effet d'innover, de trouver des solutions sur mesure aux problèmes qu'elle rencontre. L'ingénieur et professeur Lionel Boulet, directeur-fondateur de l'Institut, est l'un des premiers à soutenir que les Québécois peuvent et doivent assurer eux-mêmes leur développement sur le plan scientifique et technologique. C'est ainsi que le 7 février 1967, à l'ouverture de la Semaine de l'électricité, le premier ministre Daniel Johnson annonce la création du centre de recherche en électricité à Varennes.

Le 29 septembre 1970, un petit groupe de chercheurs, d'ingénieurs, de techniciens et d'employés de soutien prend officiellement possession du nouveau centre de recherche. Ils ne sont alors qu'une vingtaine, et tout est à faire : définir le programme scientifique, établir des relations avec d'autres centres de recherche et avec le milieu universitaire, etc. Leurs efforts ont porté fruit : vingt ans plus tard, l'IREQ est devenu un établissement d'envergure qui compte quelque 360 chercheurs et techniciens.

LA RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT AU SERVICE D'HYDRO-QUÉBEC

Dès sa fondation, l'IREQ a reçu comme principal mandat de répondre aux besoins de recherche d'Hydro-Québec. Ainsi, quelque 75 % des travaux entrepris à l'Institut visent à résoudre des problèmes concrets liés à la conception, à la planification et à l'exploitation du réseau. Les principaux champs de recherche sont donc directement reliés aux activités d'Hydro-Québec : la production, le transport et la distribution d'électricité.

L'IREQ n'a cessé de progresser au cours de ces vingt ans : les projets de recherche se sont multipliés, les champs d'activité élargis, les installations constamment améliorées. Ainsi, l'IREQ dispose aujourd'hui d'installations parmi les plus modernes au monde. Deux grands laboratoires (Haute tension et Grande puissance), un simulateur de réseau et de nombreux laboratoires, équipés d'un matériel de pointe, permettent de mener les recherches les plus poussées dans des domaines aussi variés que la chimie et la technologie des matériaux, l'électronique et l'informatique, les lignes et les isolants, la mécanique et l'appareillage.

Le personnel scientifique et technique de l'IREQ a de nombreuses réalisations à son actif, dont certaines ont été mises au point avec divers partenaires technologiques de l'entreprise et du monde industriel. Parmi les principales, mentionnons le robot compact destiné à la réparation des turbines, l'alliage Hydroloy, les systèmes de mesure de l'entrefer ou de la proximité des lignes électriques, plusieurs systèmes experts, le système SUPER pour la surveillance des turbines, le disjoncteur grand froid GFX, le parafoudre de distribution antidéflagrant en béton polymère, l'entretoise-amortisseur, le dosimètre, le système d'alimentation par câble de garde, divers logiciels d'analyse de réseaux, les accumulateurs à électrolyte polymère, les études sur le courant continu ainsi que les recherches sur les câbles.

DES RECHERCHES D'AVENIR

En plus de répondre aux besoins technologiques d'Hydro-Québec, les chercheurs de l'IREQ travaillent aussi sur un autre front, tout aussi crucial que le premier : en participant aux recherches les plus avancées dans des domaines de pointe tels que la supraconductivité et la fusion nucléaire, ils contribuent à repousser les frontières de la connaissance et à jeter les bases de la technologie de demain. Plusieurs de ces projets de recherche avancée ont été menés en collaboration avec diverses entreprises ainsi qu'avec le monde universitaire.

Au cours des ans, l'IREQ a par ailleurs collaboré avec des organismes nationaux et internationaux en vue de définir les normes touchant l'appareillage électrique. Parallèlement, de nombreux contrats de recherche ou projets conjoints lui ont permis de faire valoir son expertise un peu partout dans le monde, de sorte que son rayonnement dépasse aujourd'hui largement les frontières du Québec et du Canada.

Le Comité directeur de la planification de la technologie, qui représente toutes les fonctions techniques de l'entreprise. Assis, de g. à d. : Paul-A. Léger, conseiller au vice-président Réseaux ; Alain Brosseau, vice-président Recherche ; Yves Filion, vice-président Équipements de production et Édifices ; Maurice Huppé, vice-président exécutif, groupe TAI. Debout, de g. à d. : Hugues Saint-Onge, directeur Planification de la technologie ; Gérald Soulière, directeur technique, groupe Clientèle et Distribution ; Raymond Elsliger, directeur Transport, vice-présidence Planification du réseau ; Louis Masson, vice-président Laboratoires ; Dominique Gastineau, vice-présidence Planification générale ; Claude de Grandmont, vice-président Équipements de transport ; André Lavoie, vice-président, région Maisonneuve ; Claude Dumas, chef du service Bureau de commercialisation ; José Salgado, chef du service Plans et Suivi ; Paul Lavoie, chef du service Planification et Développement, vice-présidence Marchés industriels.

Le principal objectif des activités de planification de la technologie consiste à définir les choix technologiques d'Hydro-Québec en vue de permettre à l'entreprise de relever les défis qui l'attendent. Ces activités touchent tous les travaux de recherche, de développement, de démonstration et d'essais, ainsi que ceux reliés aux filières à long terme, au développement des produits et des installations et à la commercialisation des produits.

Mis en place il y a trois ans, le processus de planification couvre les grands domaines d'activité d'Hydro-Québec, soit la production, le transport, la distribution et l'utilisation de l'électricité. Ses principaux objectifs sont les suivants :

— promouvoir une vision corporative de la technologie ;
— privilégier les besoins d'Hydro-Québec ;
— intégrer la planification de la technologie et de sa commercialisation à l'ensemble des activités du cycle de gestion de l'entreprise ;
— privilégier la concertation à l'échelle de l'entreprise.

L'élément clé du processus de planification est le Forum de concertation de la technologie. Créé en 1988, ce regroupement réunit quelque 150 personnes — cadres, experts, chercheurs, ingénieurs et spécialistes — représentant les divers secteurs d'activité d'Hydro-Québec.

Le Forum de concertation permet aux diverses unités de l'entreprise, qu'elles soient bénéficiaires ou fournisseurs de services technologiques, de participer en permanence à l'élaboration du *Plan de la technologie*. C'est ainsi qu'à la suite des travaux du Forum, Hydro-Québec rendait public en 1990 son deuxième plan de la technologie couvrant les années 1990-1992.

Le *Plan de la technologie 1990-1992* fait partie intégrante de la *Proposition de plan de développement d'Hydro-Québec 1990-1992, Horizon 1999*, présentée cette année au gouvernement du Québec. Il constitue une révision des activités de RDDE inscrites au plan 1989-1991. Comme ce dernier, il ne se contente pas de prévoir les travaux du groupe TAI, mais planifie l'ensemble des activités de nature technologique d'Hydro-Québec selon des orientations élaborées de concert avec les clients du groupe.

Comme par le passé, les activités en matière de planification de la technologie ont visé cette année, d'une part, à consolider le plan triennal en fonction des priorités et des besoins en constante évolution d'Hydro-Québec et, d'autre part, à affermir l'orientation client-fournisseur. Ainsi la *Programmation 1991-1993* a été préparée en fonction des produits associés aux différents axes de recherche du groupe. Les grandes préoccupations de l'entreprise ont également été prises en considération dans la structure du document. Enfin, contrairement aux plans antérieurs, la Programmation a été découpée en séquences qui correspondent davantage aux mandats des unités administratives clientes qu'aux types de technologies, ce qui favorise la responsabilisation des intéressés.

En application depuis plusieurs années déjà, la *Méthode d'octroi des travaux* a permis d'atteindre la plupart des objectifs que s'était fixés le groupe TAI l'an dernier en matière de décentralisation budgétaire. Cette méthode, qui s'adapte parfaitement aux mesures préconisées par le programme *Défi performance*, est au cœur du système de relations client-fournisseur mis en œuvre à l'échelle de l'entreprise.

Par ailleurs, le groupe a amorcé cette année, par l'entremise du comité directeur de la technologie et des tables sectorielles, une réflexion stratégique sur les grandes orientations du développement technologique. À ce jour, un ensemble d'objectifs technologiques à long terme ont été établis, autour desquels s'articule déjà la programmation triennale 1991-1993. Cette réflexion précède la publication d'un plan stratégique de la technologie qui comprendra les grandes orientations des dix prochaines années en matière de développement de la technologie et de commercialisation des produits et services, ainsi que les stratégies qui serviront à les mettre en œuvre.

Au chapitre de la commercialisation, l'accent a également été mis sur la planification stratégique en vue de mettre en valeur le réservoir de produits technologiques d'Hydro-Québec. Plus de soixante cadres et spécialistes de haut niveau, provenant des unités concernées et regroupés en une douzaine d'équipes, participent à cette opération de planification stratégique. On a ainsi dressé un inventaire des produits technologiques, des domaines de savoir-faire, des sous-produits de l'exploitation et des autres produits, tandis que les équipes ont entrepris de définir les grandes orientations commerciales.

En dressant le bilan stratégique du développement de la technologie, nous nous sommes penchés notamment sur la responsabilité accrue des divers groupes d'exploitation en ce qui a trait à la définition des besoins et des priorités ainsi qu'à la gestion des budgets qui y sont associés. Le leadership et le rôle de fournisseur du groupe TAI ont également fait l'objet d'une analyse.

Comme par le passé, nous avons mis l'accent sur le resserrement des liens entre le groupe TAI et divers organismes externes. Notons à cet égard la création d'un comité permanent de concertation entre le ministère de l'Énergie et des Ressources et Hydro-Québec, destiné à coordonner le développement des technologies et les politiques du gouvernement en matière d'énergie et de recherche-développement.

Nous avons également soumis au Comité permanent de l'industrie, de la science et de la technologie et du développement régional et du Nord un important mémoire visant à établir un partenariat entre l'industrie et le gouvernement fédéral pour la réalisation de certains projets d'intérêt national.

Au cours de l'année, Hydro-Québec et le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) ont signé un protocole de collaboration en vue de promouvoir et de développer les technologies les plus prometteuses dans leur champ d'intérêt respectif. Cette entente d'une durée de cinq ans prévoit notamment une participation financière aux filières à long terme, un soutien aux études sur les technologies émergentes, un appui à la commercialisation des technologies, la promotion des usages de l'électricité ainsi que l'utilisation des installations d'essais.

Enfin, la Chaire Hydro-Québec de recherche en gestion de la technologie, créée à l'Université du Québec à Montréal avec l'appui du gouvernement fédéral, sera un lieu d'échanges entre chercheurs et gestionnaires, qui se pencheront en particulier sur les moyens de promouvoir l'innovation technologique et de stimuler l'esprit d'entreprise dans les secteurs de pointe.

Tous les travaux du groupe TAI dans le domaine de la production poursuivent un même grand objectif sur le plan technologique : accroître la marge de manœuvre d'Hydro-Québec afin que l'entreprise puisse fournir en tout temps à sa clientèle la puissance et l'énergie requises.

Dans ce contexte, le laboratoire Grande puissance a réalisé au cours de l'année d'importantes séries d'essais sur divers équipements de centrales. En ce qui a trait à la production hydraulique, les chercheurs ont mis au point des modèles numériques d'analyse des turbines. Les travaux relatifs au système informatisé de surveillance permanente des groupes turbines-alternateurs, le système SUPER, se sont poursuivis avec la mise au point d'une fonction de diagnostic. Des systèmes d'acquisition de données pour la détection vibratoire par signature acoustique de la cavitation érosive ont également été mis au point et installés en centrale, de même que divers prototypes de gabarits d'électrodes servant à mesurer la résistance électrique en vue du contrôle de la qualité des joints d'alternateurs.

Quant aux matériaux de réparation du béton, ils ont fait l'objet de nombreux travaux portant sur les coulis et les techniques d'injection, les mortiers et les scellants de joints. Les chercheurs ont perfectionné les méthodes d'utilisation de l'acier Hydroloy servant à la réparation des turbines ; ils œuvrent actuellement à la mise au point d'un stabilisateur d'alternateur numérique et d'un robot super-compact pour la réparation des dommages de cavitation. Un nouveau modèle de planification de la production d'un réseau hydroélectrique, le SAPHYR, a été conçu, de même qu'un nouveau logiciel, le PERESE, qui permet de déterminer la politique optimale de gestion à long terme des réserves énergétiques.

Dans le domaine des centrales nucléaires, une étude sur la décomposition thermique des trihalométhanes dans l'eau des circuits secondaires a été effectuée et une méthode d'essai de caractérisation de la résistance à la rupture des tubes de force irradiés a été mise au point. Enfin, dans le domaine de l'énergie éolienne, les travaux sur le jumelage éolienne-diesel se sont poursuivis et une étude d'avant-projet touchant un parc d'éoliennes de 3 à 5 MW a débuté cette année.

Essais au laboratoire Grande puissance de barres blindées à phases isolées et à refroidissement naturel.

ESSAIS D'APPAREILLAGE DE LA CENTRALE LA GRANDE-4 AU LABORATOIRE GRANDE PUISSANCE

Des essais de surexcitation ont été réalisés cette année sur un transformateur monophasé de 400 MVA, 424 kV / 2 × 13,8 kV, endommagé à la suite d'une surtension à 60 Hz survenue à la centrale LG-4. Ces essais ont servi à déterminer si l'appareil, une fois réparé, pouvait supporter sans dommages une tension nominale à 60 Hz s'élevant jusqu'à 150 %. On a également mesuré les décharges partielles sur la prise capacitive de la traversée H1, les vibrations des parois de la cuve ainsi que le bruit produit par la magnétostriction du noyau. Enfin, on a comparé l'impédance et la qualité de l'huile du transformateur avant et après les essais.

À la demande du service *Modifications électriques (VPEPE)*, nous avons par ailleurs réalisé des essais sur les parafoudres sacrificiels qui seront installés aux bornes des enroulements à 13,8 kV des transformateurs de 400 MVA. L'objectif était de déterminer si ces parafoudres à 15 kV étaient amorcés avant que l'intégrité physique des autres parafoudres à 18 kV situés aux bornes de l'alternateur ne soit modifiée. À cette fin, des courants de décharge de condensateurs préchargés à environ 300 kV ont été appliqués selon différentes pentes de courant di/dt. Le principal but de ces essais était d'assurer la protection des personnes et de l'appareillage à 13,8 kV de la centrale LG-4 advenant un claquage entre les enroulements à 735 kV et à 13,8 kV des transformateurs.

Enfin, des essais de résistance mécanique d'une armoire blindée ont été entrepris à la demande d'un constructeur. Il s'agissait d'établir si celle-ci résisterait à une déflagration causée par le parafoudre sacrificiel à 15 kV. D'une durée de 0,2 s, l'arc de puissance de 140 $kA_{eff.}$ sym. était amorcé au moyen d'un fil fusible court-circuitant les pastilles d'oxyde du parafoudre.

Laboratoire Grande puissance

ESSAIS D'ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION ET DE COMPENSATION AU LABORATOIRE GRANDE PUISSANCE

À la demande d'un constructeur canadien, nous avons réalisé un essai d'échauffement à 18 kA d'une durée de 9,5 heures sur un jeu de barres blindées à phases isolées et à refroidissement naturel destiné à la centrale La Grande-2A. Cet essai s'est déroulé conformément à la norme ANSI C37.23.

Pour la région *Maisonneuve*, nous avons également réalisé des essais de vieillissement accéléré sur des bobines de stator d'alternateur de la centrale de Beauharnois. Il s'agissait de chauffer à 90 °C l'isolation des bobines de stator en faisant circuler un courant dans le conducteur, tout en appliquant une surtension de 35 kV à 60 Hz pendant 250 heures, ou jusqu'à défaillance de l'isolation. Afin d'évaluer la qualité de l'isolation, on a en outre procédé à la mesure des décharges partielles.

Enfin, nous avons mesuré à différentes tensions les décharges partielles sur des barres de stator du compensateur synchrone provenant du poste Manicouagan. Deux méthodes ont été utilisées, soit la mesure de delta Q en picocoulombs, et de N en fonction de delta Q. Ces travaux ont été réalisés pour le compte du service *Câbles et Isolants (VPR)*.

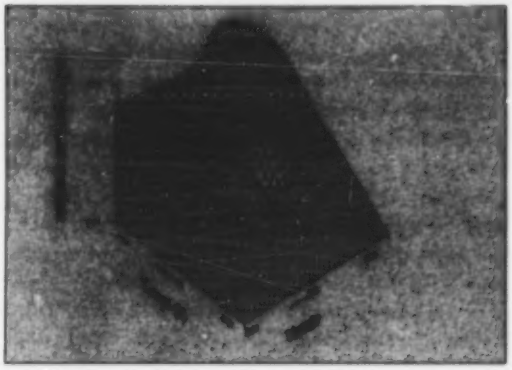
Laboratoire Grande puissance

PRODUCTION HYDRAULIQUE

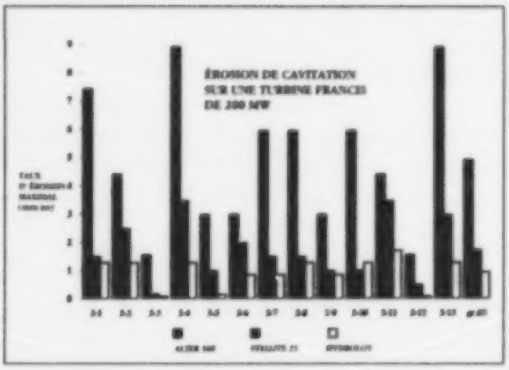
De nombreux travaux ont été entrepris cette année dans le domaine de la production hydraulique à la demande de la vice-présidence *Équipements de production et Édifices*, de la vice-présidence *Réseaux* ainsi que des diverses régions administratives d'Hydro-Québec.

Parmi ceux-ci, mentionnons d'abord la mise au point, dans le cadre du projet MATH, de modèles numériques d'analyse des turbines. Le champ d'application de ces nouveaux instruments de calcul comprend l'étude des problèmes relatifs aux machines hydrauliques, l'évaluation de la marge de manœuvre des turbines en service, la correction des défauts, la validation des concepts, ainsi que l'assistance technique aux planificateurs, concepteurs et exploitants. On a ainsi mis au point un module de calcul destiné à mesurer les écoulements fluides inter-aubes, tandis qu'un autre module, qui calculera l'écoulement méridien, est en voie de réalisation. Par ailleurs, une campagne d'essais portant sur la mesure de la pression appliquée sur les aubes a été menée à bien ; ses résultats serviront à valider les modèles mathématiques.

Simulation numérique de l'écoulement fluide autour d'une directrice d'un groupe turbine-alternateur de la centrale du Rapide-Blanc, effectuée dans le cadre du projet MATH.



Vibration de l'arbre au palier guide du groupe 35 de la centrale de Beauharnois.



Le nouveau fil de soudage en acier Hydroloy HQ 913 (Ireca), mis au point dans nos laboratoires, réduit de plus de six fois le taux d'érosion de cavitation maximale mesuré après 20 000 heures d'exploitation. Cet alliage a remplacé l'acier inoxydable 308 et le Stellite 21 à base de cobalt.

En cours depuis déjà quelques années, les travaux relatifs à la mise au point d'un système informatisé de surveillance permanente des groupes turbines-alternateurs, qui avaient abouti à l'installation d'un prototype à la centrale du Rapide-Blanc, se sont poursuivis en 1990 avec le développement d'une fonction de diagnostic pour le système SUPER. Celle-ci indiquera aux responsables de la centrale les causes des anomalies décelées par le système, ainsi que les mesures correctives à prendre. À ce jour, on a construit une maquette du système de diagnostic, élaboré le cycle cognitif destiné à l'entretien des groupes et choisi l'outil de développement du système expert. Une deuxième étape est en cours, qui consiste à mettre au point un prototype du système de diagnostic.

Toujours au chapitre de la surveillance, les recherches sur la détection vibratoire par signature acoustique de la cavitation érosive se sont poursuivies avec la conception de systèmes autonomes d'acquisition de données et leur installation en centrale.

Une étude du comportement à long terme des systèmes de calage des barres statoriques s'est également poursuivie, avec cette fois l'installation en laboratoire d'un banc d'essais.

Enfin, en ce qui concerne la surveillance et l'entretien des barrages, nous avons collaboré avec la région *Manicouagan* à l'élaboration en laboratoire de diverses techniques de colmatage par injection de fissures du béton. Les résultats des premiers essais se sont révélés très encourageants.

Mécanique

STABILISATEUR NUMÉRIQUE

En vue d'améliorer le rendement des stabilisateurs en cas de perturbations causées par des manœuvres locales ou par le réseau lui-même, nous travaillons présentement à la mise au point d'un nouveau stabilisateur d'alternateur à la demande du service *Réseau principal (VPPR)*. Pour atteindre cet objectif, le nouvel appareil utilisera comme signal d'entrée la vitesse du rotor plutôt que la puissance d'accélération. Cette variable, qui sera évaluée à partir des tensions et des courants produits aux bornes du stabilisateur, ne recourra donc à aucun capteur extérieur. De type numérique, l'appareil sera muni de deux micro-ordinateurs redondants qui mesureront la vitesse et évalueront le signal de stabilité à un rythme de 100 fois par seconde.

Autre avantage, les filtres avance-retard, de type numérique, permettront d'implanter plus précisément les fonctions de transfert, et ainsi de mieux ajuster les gains et les phases des boucles d'amortissement. La souplesse accrue du nouveau stabilisateur lui permettra également de s'adapter aisément à tous les groupes turbines-alternateurs du réseau. Afin de détecter toute anomalie de l'un des micro-ordinateurs, les calculs intermédiaires seront en outre comparés. Ainsi, bien que de conception simple, le nouveau stabilisateur numérique est néanmoins très sécuritaire et d'une grande fiabilité.

Un prototype devrait être mis au point au début de 1991. On prévoit l'installer dès le printemps dans l'une des centrales du complexe Manic-Outardes afin de vérifier les nouveaux concepts et d'évaluer la fiabilité du stabilisateur dans un environnement réel.

Méthodes numériques

UTILISATION DE L'ACIER HYDROLOY (IRECA) POUR LA RÉPARATION DES DOMMAGES DE CAVITATION

À la demande du service *Équipements de production (VPRE)*, nous avons entrepris un projet visant à assurer, ou améliorer s'il y a lieu, l'efficacité des méthodes recourant à l'acier Hydroloy (Ireca) pour réparer les dommages de cavitation causés aux turbines hydrauliques. Mises au point ces dernières années, ces méthodes doivent être appliquées avec le plus grand soin en raison de l'extrême résistance à l'usure de l'acier inoxydable Hydroloy. Celui-ci est en effet au moins 25 fois plus résistant que l'acier doux générale-

ment utilisé pour les roues des turbines. Par conséquent, une réparation de mauvaise qualité (épaisseur insuffisante, défaut de soudage, etc.) peut écourter la durée de vie escomptée de façon appréciable.

Afin d'éliminer ce risque, on met actuellement au point des outils qui faciliteront l'application des méthodes de contrôle de qualité des réparations, amélioreront les techniques d'inspection et permettront d'effectuer un suivi adéquat des érosions et des réparations. La qualité de chaque livraison de fil Hydroloy est ainsi contrôlée au moyen d'essais réalisés à l'IREQ. De même, on a révisé l'épaisseur maximale du recouvrement soudé d'Hydroloy, ainsi que la composition et l'épaisseur de l'acier de sous-couche destiné aux réparations en profondeur. D'autre part, on a évalué diverses techniques d'application simples afin d'identifier les métaux utilisés et de mesurer leur épaisseur. Certaines se sont révélées prometteuses et feront l'objet d'essais en centrales.

Pour faciliter le suivi des érosions et la planification des réparations, on a également conçu une première base de données informatisée sur micro-ordinateur. Celle-ci permettra de regrouper toutes les données utiles : caractéristiques des machines, historique de l'exploitation, des érosions et des réparations. Enfin, suivant des essais avec jet cavitant réalisés en laboratoire, on envisage de modifier légèrement la composition de l'acier Hydroloy afin d'améliorer son comportement en centrales.

Technologie des matériaux

MESURE DE LA RÉSISTANCE POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES JOINTS D'ALTERNATEURS

Dans le cadre d'un projet portant sur le contrôle non destructif des joints électriques d'alternateurs, nous avons conçu et mis au point divers prototypes de gabarits d'électrodes destinés à mesurer la résistance électrique.

Lors de la réfection d'un alternateur de la centrale Bersimis-1, les dispositifs d'électrodes et la technique de mesure de la résistance se sont avérés des outils de contrôle de la qualité particulièrement efficaces. La technique de mesure a notamment mis en évidence certaines anomalies dans l'assemblage des joints brasés de barres Roebel et des joints circulaires des alternateurs. Cette méthode de vérification et de contrôle de la qualité a par conséquent été incluse au devis des nouveaux alternateurs qui seront installés à la centrale Manic-5. On examine en outre la possibilité d'inclure ce procédé au devis des alternateurs destinés aux nouvelles centrales de la baie James.

Cette technique de mesure s'est par ailleurs révélée très utile pour détecter les défauts d'assemblage des barres blindées de Bersimis-1, de même que des joints d'alternateurs de la centrale de Tracy. Mis au point pour le compte du service *Équipements de production (VPRE)*, ces instruments de mesure seront commercialisés par la firme Ultra-Optec de Boucherville.

Chimie des matériaux

MISE AU POINT D'UN PROTOTYPE DE ROBOT SUPER-COMPACT

L'an dernier, un prototype de robot compact servant à réparer les dommages de cavitation causés aux roues des turbines hydrauliques a été mis au point. C'est à la centrale de Carillon que le robot Hydrobot a démontré la faisabilité de la réparation robotisée sur place. Tout compact qu'il est, Hydrobot souffre cependant d'un léger embonpoint qui l'empêche d'atteindre tous les dommages de cavitation des roues Francis de 5 m de diamètre et moins. De plus, il ne peut réparer les surfaces à fort rayon de courbure comme les congés. À la demande du service *Équipements de production (VPRE)*, nous travaillons donc en ce moment à la mise au point du robot super-compact.

Plus petit que son prédécesseur, ce robot à six axes sera doté de la faculté de voir grâce à un capteur à rayon laser. Ses fonctions d'autoprogrammation le rendront également plus simple à programmer. Le prototype sera bientôt terminé et les premiers essais en laboratoire du robot muni de son capteur sont prévus pour février 1991.

Technologie des matériaux

Prototype de laboratoire d'un robot super-compact destiné à réparer les dommages de cavitation dans les aubages des turbines Francis. D'une hauteur maximale de 23 cm, l'appareil est doté d'une caméra-laser pour l'apprentissage des surfaces.

CHIMIE DES CENTRALES NUCLÉAIRES

Nous terminons présentement une étude sur la décomposition thermique des composés trihalogénés du méthane, entreprise à la demande de la division *Chimie* de la centrale nucléaire de Gentilly-2. Ces composés se forment dans le circuit secondaire de la centrale après la chloruration de l'eau prélevée dans le fleuve. Ils se décomposent ensuite sous l'action de la chaleur et produisent des chlorures ou des bromures, deux agents très corrosifs. Les travaux ont permis d'établir la concentration de trihalométhanes dans l'eau — qui est de l'ordre des parties par milliard (ppb) ou par billion (ppt) —, mais surtout de constater l'extrême rapidité de la décomposition aux températures élevées du circuit secondaire.

Une série d'essais ont été effectués afin de déterminer si le tamis moléculaire destiné à capter les vapeurs d'eau de la centrale de Gentilly-2 pouvait être régénéré. Les résultats ont confirmé la décision des exploitants de la centrale de remplacer le tamis. Ils ont en outre permis de mettre au point une procédure de suivi de la qualité du tamis.

Chimie des matériaux

CARACTÉRISATION DES TUBES DE FORCE DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

Afin d'assurer l'intégrité des tubes de force et de prolonger la vie des réacteurs nucléaires, on doit procéder périodiquement au retubage, qui consiste à remplacer les tubes de force en alliage de zirconium et de niobium (pour une part de 2,5 %) fragilisés par l'irradiation. Il s'agit là d'une opération coûteuse mais indispensable, qui nécessite en premier lieu de caractériser les tubes de force irradiés pour en connaître les propriétés résiduelles. Ces essais de caractérisation doivent se faire à distance dans des chambres blindées, ce qui explique en partie leur coût élevé.

À la demande du Candu Owners Group, nous avons entrepris de mettre au point, de concert avec L'Énergie atomique du Canada (EACL), une méthode d'essai de caractérisation de la résistance à la rupture. Simple et économique, celle-ci est basée sur les essais d'impact Charpy modifiés. Ce projet a franchi cette année une étape cruciale. Les résultats des essais sur matériau irradié en milieu radioactif se sont en effet révélés très concluants. On a ainsi démontré que cette méthode peut servir à caractériser avec une grande fiabilité les matériaux irradiés, à un coût nettement moindre que les méthodes traditionnelles.

Après analyse de l'imposant rapport que nous avons produit conjointement avec l'EACL, le comité technique du Candu Owners Group a reconnu la validité de la méthode, et estime qu'elle pourrait en outre servir à contrôler la qualité initiale des tubes de force. Le projet a en effet permis de déceler des écarts considérables dans la résistance du matériau des tubes de force.

Dans la foulée de ces travaux, deux autres projets nous ont été soumis pour les deux prochaines années. Nous avons aussi été invités par l'EACL à participer à un programme d'essais international qui mettra à contribution 11 laboratoires à travers le monde. Ce programme, qui vise à vérifier la validité d'une méthode d'essai mise au point par l'EACL, a reçu l'appui de la direction *Gestion du nucléaire* de la région *Mauricie*.

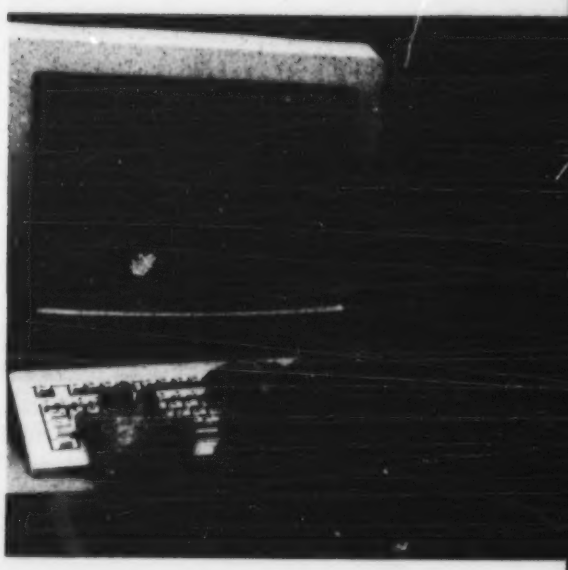
Technologie des matériaux

LOGICIEL DE PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

Conçu en fonction d'un contexte déterministe, un nouveau modèle de planification de la production d'un réseau hydroélectrique a été mis au point par notre équipe de recherche opérationnelle. On a greffé à ce modèle — qui fonctionne sur microordinateur avec système d'exploitation OS/2 — une base de données et des interfaces graphiques conviviales. Il en est résulté un logiciel intégré nommé SAPHYR, destiné à remplacer dès 1991 les logiciels MODE et NUMA, respectivement utilisés au service *Plan des installations (VPPR)* et au service *Production (VPRE)*. Le modèle central de SAPHYR doit en outre servir de base à l'implantation, dans un environnement informatique à déterminer, d'un outil d'optimisation de la programmation de la production destiné à la direction *Conduite de réseau (VPRE)*.

Sur le plan conceptuel, SAPHYR constitue une synthèse des modèles sous-jacents à MODEX et à NUMA. De plus, la méthode de résolution qu'il comporte a été conçue de façon à effectuer un dosage adéquat de l'effort d'optimisation selon le temps de réponse requis par les diverses utilisations, ainsi que pour s'adapter sans problèmes aux besoins des utilisateurs. La mise en service de ce nouveau modèle à divers niveaux de l'entreprise contribuera à une meilleure cohérence des résultats de planification et de programmation de la production.

Méthodes numériques



Système SAPHYR de planification de la production sur micro-ordinateur.

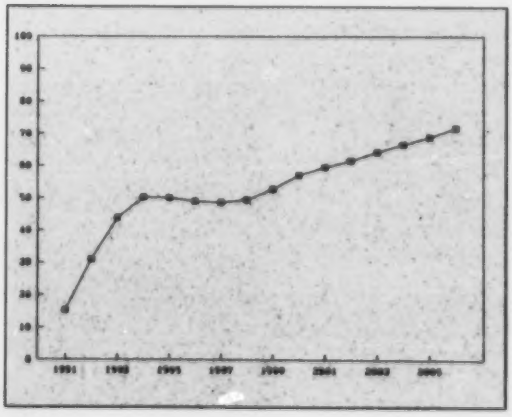
PLANIFICATION DE LA PRODUCTION À LONG TERME

À la demande du service *Production (VPRE)*, nous avons entrepris la conception d'un nouveau logiciel qui servira à établir une politique optimale de gestion à long terme des réserves énergétiques. Appelé PERESE, ce nouveau logiciel remplacera le modèle EGERIE utilisé depuis le début des années 70.

Dans un premier temps, nous avons agrégé toutes les installations hydroélectriques du réseau afin que le modèle mathématique puisse être facilement résolu par la programmation dynamique stochastique. De plus, comme le modèle doit pouvoir répondre sans délai à une foule de questions relatives au programme d'équipement (utilisation des moyens de production non hydrauliques, ventes d'énergie excédentaire, fiabilité énergétique du réseau, etc.), nous avons choisi de diviser l'année en deux semestres seulement, plutôt qu'en mois ou en semaines comme c'est généralement le cas.

Le logiciel PERESE a été implanté au début de septembre sur les ordinateurs de calcul du centre de traitement d'Hydro-Québec. Il permet d'établir la politique optimale de gestion du réseau agrégé sur une période de 20 ans en moins d'une minute de temps d'ordinateur.

Notons par ailleurs qu'il comprend un module qui simule, à partir d'apports d'eau produits synthétiquement, la politique de gestion retenue par le module d'optimisation. PERESE n'est toutefois pas seulement un logiciel d'optimisation ; il constitue également un excellent outil de prise de décisions puisqu'il permet de fixer au préalable les conditions que l'on désire voir respecter avant de démarrer la centrale de Tracy, de faire appel au marché d'importation de soutien, de couper les ventes de bi-énergie ou d'énergie excédentaire, etc.



Probabilités de vente d'énergie excédentaire aux réseaux voisins pendant le semestre d'été, établies par le programme de planification à long terme PERESE.

La deuxième phase du projet consistera à désagréger dans le temps et l'espace les résultats obtenus pour le modèle agrégé. Tout d'abord, les résultats semestriels seront répartis par mois, pour être ensuite répartis entre les rivières du réseau et, finalement, entre les centrales de chaque vallée. Quelle que soit l'étude en cours, l'utilisateur pourra choisir de s'arrêter au réservoir agrégé ou aux rivières, ou encore élaborer la meilleure politique de gestion pour chaque centrale du réseau.

Méthodes numériques

UTILISATION DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Les recherches portant sur le jumelage éolien-diesel ont connu cette année d'importants développements. Fait saillant de ces travaux, on a démontré la possibilité pour une éolienne de produire, sans l'aide du diesel, une électricité de qualité égale, voire supérieure, au diesel employé seul. Grâce au système de régulation mis au point, l'éolienne s'est révélée capable de satisfaire totalement à la demande d'énergie.

Afin de réduire le déficit d'exploitation des réseaux non reliés, les recherches visaient également à mettre au point les instruments de calcul et de conception nécessaires au jumelage des éoliennes et des diesels de ces réseaux. Selon le scénario le plus rentable, qui prévoit un jumelage à haute pénétration sans stockage, la capacité éolienne installée peut égaler ou dépasser la demande de pointe du réseau. Avec des vents suffisamment forts, les diesels peuvent ainsi être fermés tandis que les éoliennes fournissent toute l'énergie nécessaire. Un modèle de simulation a été mis au point, qui évalue pour un réseau diesel précis les économies de carburant que procure cette méthode.

Parallèlement, un groupe norvégien collabore présentement à l'évaluation d'un scénario qui prévoit le stockage de l'énergie par accumulateurs.

Par ailleurs, le projet de Kuujjuaq portant sur la fiabilité d'une éolienne dans le Grand Nord québécois s'est poursuivi. D'une capacité nominale de 65 kW, l'éolienne a jusqu'à maintenant produit plus de 260 MWh en près de 15 000 heures. Sa disponibilité s'est maintenue à 96 % durant toute l'année et elle continue d'être exploitée avec grand succès.

En collaboration avec le service *Études et Avant-projets (VPEPE)*, une étude touchant un parc d'éoliennes de 3 à 5 MW est en cours aux Îles-de-la-Madeleine. L'étude, qui doit être complétée en 1991, porte sur l'analyse des vents, le choix des éoliennes et des sites, l'environnement ainsi que les communications avec la population.

Enfin, de concert avec le service *Production et Réfection (VPPR)*, nous sommes à réviser les paramètres d'évaluation des éoliennes en tant qu'ajout au réseau principal. La rentabilité de l'énergie éolienne sera évaluée en fonction de la situation du réseau principal. On tiendra ainsi compte de la pluviosité, de la nécessité d'ajouter de l'équipement hydraulique, ainsi que de la disponibilité des équipement de bi-énergie qui permettent d'absorber l'énergie éolienne même en cas de fortes pluies.

Mécanique

MATÉRIAUX DE RÉPARATION DU BÉTON

Trois projets en cours portent sur les matériaux de réparation du béton en milieu nordique. Le premier a trait aux coulis d'injection utilisés dans la région *Manicouagan* (époxyde, polyuréthane, matériaux à base de ciment). Il consiste à analyser les diverses propriétés du produit (adhérence au béton, granulométrie du ciment, temps de prise, résistance à la compression et à la traction, porosité, viscosité à basse température, etc.) de même que les techniques d'injection proprement dites. À cette fin, des dalles de béton de grandes dimensions ont été fissurées artificiellement et injectées de divers coulis. L'étude se poursuivra l'an prochain avec l'analyse détaillée du comportement des différents produits disponibles sur le marché ainsi que des produits mis au point dans nos laboratoires.

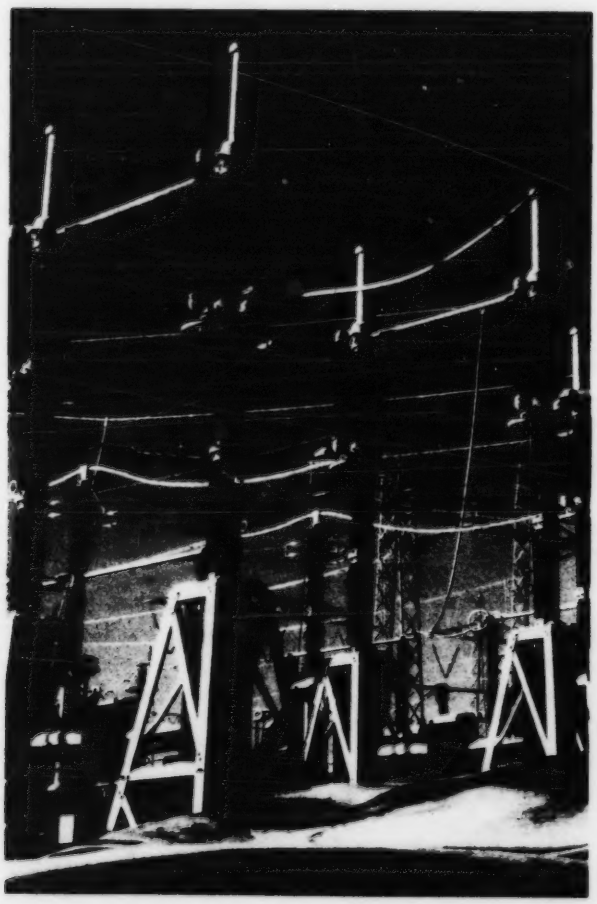
Diverses études sont en cours sur les matériaux de réparation du béton tels les coulis, les mortiers et les scellants.

Réalisé en collaboration avec l'Association canadienne de l'électricité (ACE), le deuxième projet porte sur les mortiers de réparation du béton endommagé par l'érosion. Toute l'année a été consacrée à la sélection des meilleurs mortiers disponibles sur le marché. Une trentaine de produits, des coulis cimentaires aux mortiers-époxyde, en passant par les mortiers au latex, ont fait l'objet d'analyses chimiques et d'essais de compression, de retrait, d'adhérence et d'érosion. Des essais de compatibilité thermique (gel-dégel) avec le béton, de dilatation thermique et de perméabilité permettront de faire une seconde sélection en vue de l'étape subséquente de l'étude, qui se déroulera en chantier au cours de l'été 1991.

Le troisième projet, également mené de concert avec l'ACE, traite des scellants de joints pour structures hydrauliques en milieu nordique. Au total, 21 de ces scellants pour structures de béton ont été testés en laboratoire, dont 15 ont été retenus pour des essais sur site dans des joints béton-béton et acier-acier. Huit des onze scellants prémoulés ont donné des résultats satisfaisants, tout comme les quatre moulés sur place. Le rapport final présente les critères de sélection et une classification des scellants destinés à diverses applications précises.

Technologie des matériaux

Les travaux se sont poursuivis cette année dans la triple perspective de l'accroissement des ventes aux réseaux voisins, de la sécurité et de la fiabilité du service, ainsi que de la protection de l'environnement. Une nouvelle gamme de disjoncteurs grand froid a été homologuée et installée en réseau. Les fibres optiques intégrées au câble de garde ont fait l'objet de recherches et d'essais sur les plans mécanique, électrique et optique. Le programme d'essais de câbles THT à 500 kV c.c. pour la traversée sous-fluviale s'est poursuivi, de même que les recherches sur les traversées murales CCHT. Nos chercheurs ont établi un modèle électrothermique de parafoudre de poste et modélisé les équipements de compensation pour des études de stabilité transitoire. Nous avons entrepris d'adapter divers systèmes de protection numérique aux postes de répartition. Les laboratoires Grande puissance et Haute tension ont mené de nombreux essais sur l'appareillage et les phénomènes de réseau. Nous avons poursuivi nos travaux sur l'effet du gel sur les fondations ainsi que sur la détérioration des raccords Al-Cu. Une unité mobile d'essais d'appareillage de postes a été réalisée. Nous avons également complété l'étude des nouveaux relais de protection des lignes à compensation série, tout en poursuivant nos études sur le réseau multiterminal à courant continu. Dans le domaine des lignes aériennes, nous avons évalué *in situ* les vibrations éoliennes des faisceaux de conducteurs surtendus et des conducteurs en faisceau triple destinés aux lignes à 450 kV c.c. Un détecteur d'isolateurs défectueux, un prototype de contrôle de l'épandage de phytocides par hélicoptère, de même que des dispositifs servant à vérifier l'assemblage des manchons de ligne ont été mis au point. Les recherches sur les effets biologiques des champs électriques et magnétiques se sont enfin poursuivies, et de nouveaux projets ont été amorcés dans ce domaine.



Nouveau disjoncteur grand froid au SF_6 (GFX) à 315 kV installé au poste Manicouagan. [Photo : GEC Alsthom Énergie]

HOMOLOGATION DES NOUVEAUX DISJONCTEURS BASSE TEMPÉRATURE GFX

Issu d'un projet commun entrepris en 1985 auquel ont collaboré Hydro-Québec et GEC Alsthom Énergie, le disjoncteur GFX à mélange SF_6-N_2 a été homologué cette année pour une gamme de tension de 145 à 765 kV, un courant de court-circuit de 50 kA et une température minimale de -50 °C. Plus précisément, l'appareil a été validé pour servir en tant que disjoncteur de ligne et de barres, ainsi que pour les manœuvres de transformateurs et de bancs de condensateurs. Dans le cadre de l'implantation de la compensation série sur le réseau de transport à haute tension, il a de plus été validé comme disjoncteur de dérivation.

Le disjoncteur a été dûment homologué après avoir fait l'objet d'un examen minutieux de sa construction et d'essais rigoureux, tant au laboratoire Grande puissance qu'au Centre de recherche et d'essais de GEC Alsthom France. Parmi les épreuves qu'a réussies le disjoncteur, notons les essais de coupure du défaut aux bornes, de défaut kilométrique et de ligne à vide, ainsi que les essais diélectriques sur pôle complet. De même, il a satisfait à toutes les exigences des essais mécaniques et d'étanchéité à -50 °C, soit la température minimale de fonctionnement des disjoncteurs dans le réseau de transport d'Hydro-Québec.

La technologie à auto-soufflage des disjoncteurs au SF_6 offre des avantages considérables comparativement à ceux qui utilisent l'air comprimé et un faible volume d'huile. De plus, la simplicité de la conception mécanique du disjoncteur GFX, qui comporte un nombre réduit de chambres de coupure montées verticalement, lui assure une fiabilité accrue.

On prévoit mettre en service d'ici la fin de l'année deux disjoncteurs GFX pour manœuvre d'inductance shunt, l'un à 330 kV et l'autre à 765 kV, respectivement aux postes Manicouagan et Micoua. Rappelons que ce projet a été mené à bien en collaboration avec le service *Études et Normalisation (VPET)*.

Appareillage électrique

DÉFAILLANCE DES TRANSFORMATEURS DE LA GRANDE-4

Au cours des dernières années, six transformateurs de la centrale La Grande-4 ont présenté de graves défaillances lors de perturbations du réseau de transport. Très fréquentes, ces défaillances n'ont cependant touché qu'un seul type de transformateur. Aux centrales La Grande-2 et La Grande-3, pourtant soumises à des perturbations similaires, aucune anomalie ne s'est produite. Les conséquences du problème sont loin d'être négligeables : en plus d'entraîner l'indisponibilité d'une partie de la puissance de la centrale, il peut représenter un risque pour la sécurité du personnel et causer des dommages à la centrale même.

Le service *Études de réseau (VPPR)* nous a confié le mandat d'identifier la cause de ces défaillances et d'établir des mesures correctives pour les appareils du même type toujours en service. On s'est ainsi penché tout spécialement sur l'effet des micro-particules d'aluminium détectées dans l'huile à la suite d'une anomalie du système de refroidissement.

Des essais de différentes concentrations de contaminants réalisés sur maquette et sur échantillons d'huile ont conclu à une dégradation de la tenue diélectrique en présence de particules. Une revue de conception a permis de déterminer quelles caractéristiques rendaient ces appareils plus vulnérables. Des essais en vraie grandeur réalisés sur des unités rebobinées ont démontré qu'en l'absence de contamination, la conception du transformateur était adéquate. Une modélisation des enroulements a par ailleurs servi à déceler si l'appareil produit des oscillations haute fréquence lorsqu'il est soumis à des surtensions à front raide.

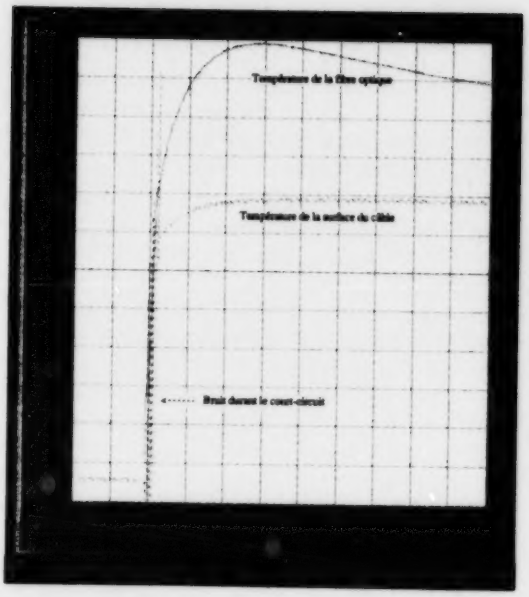
Le rapport entre le taux de contamination et l'apparition de défaillances reste à confirmer par des essais complémentaires sur maquette et des essais en vraie grandeur sur un transformateur retiré du service. Des recommandations seront ensuite formulées pour accroître la fiabilité des équipements de la centrale.

Appareillage électrique

RECHERCHES ET ESSAIS SUR LES CÂBLES DE GARDE À FIBRES OPTIQUES INTÉGRÉES

Depuis l'automne 1989, et tout au long de l'année 1990, des équipes de chercheurs et d'ingénieurs de plusieurs services du groupe TAI — les services Électronique et Mécanique ainsi que le laboratoire Grande puissance — ont réalisé divers travaux sur les câbles de garde renfermant des faisceaux de fibres optiques. Hydro-Québec s'intéresse à ce nouveau type de câble qui peut remplir deux fonctions : tout en assurant la protection de la ligne, il peut combler divers besoins de télécommunications, notamment en ce qui a trait à la commande et à la protection des équipements et du réseau.

Évolution des températures de la surface d'un câble de garde et de la fibre optique intégrée à la suite d'un court-circuit de 18 kA d'une durée de 30 cycles.



En vue de l'implantation de tels câbles dans le réseau principal de télécommunications, l'entreprise cherche à mieux connaître le comportement à long terme du câble et des fibres optiques lorsqu'ils sont soumis à des stress mécaniques et thermiques dans des conditions sévères de vibrations éoliennes et de courts-circuits. Ces travaux ont été effectués en collaboration avec les clients, soit le service *Projets*, direction *Télécommunications (VTRE)*, et les services *Ingénierie de lignes* et *Études et Normalisation (VPET)*, avec la participation d'équipes des régions *Maisonneuve* et *Matapédia*.

Les câbles de garde à fibres optiques intégrées ont fait l'objet d'essais électriques et mécaniques au laboratoire Grande puissance.

Les essais à la ligne expérimentale des Îles-de-la-Madeleine ont porté sur deux types de câbles. Sur le plan mécanique, on a évalué leur comportement lorsqu'ils sont soumis aux vibrations éoliennes ; on a notamment étudié les déformations de flexion imposées aux câbles au voisinage des points de support. Les données recueillies ont permis d'évaluer leur longévité et de mettre au point un protocole d'essais pour vérifier en laboratoire leur tenue en fatigue.

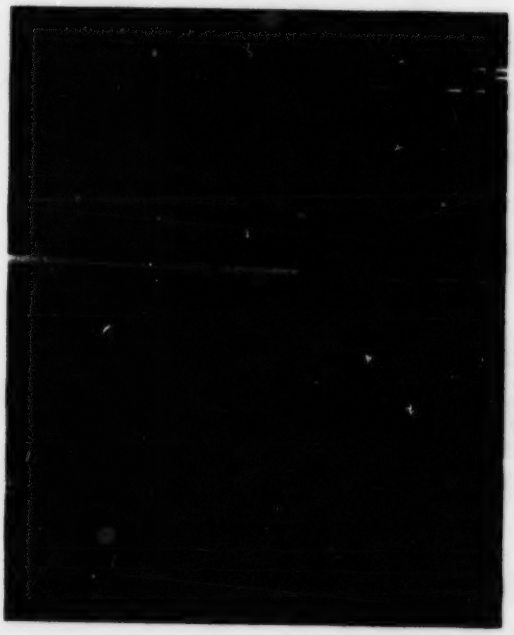
Sur le plan optique, on a mesuré l'effet des contraintes mécaniques sur la qualité de la transmission. Une procédure spéciale d'essais ainsi qu'un système d'acquisition ont été mis au point à cet effet. Pour les besoins de l'étude, un lien de fibres optiques d'une longueur de 6,4 km a été créé en bouclant les fibres aux deux extrémités du câble de garde déployé sur 1,6 km. Les données ont été recueillies par ordinateur à toutes les 12 minutes, durant sept mois pour le premier câble et deux mois pour le second. On a pu ainsi analyser l'évolution des contraintes et de l'atténuation moyennes en fonction de la température et des vibrations occasionnées par le vent.

Les deux types de câbles essayés à la ligne expérimentale de même qu'un troisième, provenant de trois constructeurs différents, ont aussi été soumis à des essais au laboratoire Grande puissance. Ces essais consistaient à simuler les courts-circuits phase-terre dus à la foudre sur le réseau.

Les courts-circuits entraînent une élévation brusque et importante de la température du câble et des fibres optiques. Il en résulte un stress thermique et mécanique dont il faut connaître les conséquences sur les matériaux et sur la qualité de la transmission afin de déterminer les contraintes maximales d'exploitation.

Chaque câble mis à l'essai avait une longueur de 12,6 m et contenait des boucles de fibres optiques de 100 m et de 50 m. Préchauffé à 50 °C, chacun était soumis à 10 courts-circuits, appliqués successivement dès que le câble s'était refroidi à la température de départ. Afin de déterminer la température des fibres à l'intérieur du câble, ce qui était très difficile avec les moyens classiques, on a mesuré la variation du déphasage du signal optique, ces deux phénomènes étant directement proportionnels. Cette technique de mesure du déphasage au moyen d'un analyseur de signal optique avait également été utilisée au cours des essais mécaniques à la ligne expérimentale.

Électronique
Mécanique
Laboratoire Grande puissance



TRAVERSÉE SOUS-FLUVIALE

Des essais se sont poursuivis toute l'année sur les prototypes de trois câbles à ±500 kV c.c. destinés à la traversée sous-fluviale de la ligne reliant la Baie James à la Nouvelle-Angleterre. Entrepris pour le compte de la vice-présidence *Équipements de transport*, le programme d'essais a recouru à l'expertise de plusieurs autres services du groupe TAI : laboratoires Haute tension et Grande puissance, Lignes aériennes, Mesure et Informatique.

Les prototypes de câbles ont été soumis à des essais de type, des essais spéciaux de démonstration et des essais de pollution. Ceux menés au laboratoire Haute tension visaient principalement à vérifier si les prototypes et les accessoires fournis par les constructeurs respectent les diverses normes en vigueur. Ces travaux se sont déroulés selon un protocole d'essais conforme aux recommandations de la Conférence internationale des grands réseaux électriques (CIGRÉ). Les essais spéciaux avaient pour but de valider la conception des câbles à courant continu en les soumettant à des perturbations jamais appliquées auparavant, notamment des essais de chocs de foudre avec surimposition d'oscillations de 10 kHz et des essais de courant alternatif à 60 et 120 Hz superposé au courant continu.

En ce qui a trait aux essais de démonstration, les câbles ont été soumis à un vieillissement accéléré comptant pour environ 30 ans de service, obtenu par cyclage de la température et de la tension avec inversion de la polarité. La plupart des essais de type et des essais spéciaux seront ensuite repris afin de vérifier les caractéristiques des câbles vieillis. À la toute fin de l'expérience, les câbles seront soumis à des chocs de foudre répétés qui seront appliqués jusqu'à perforation de l'isolation.

Quant aux essais de pollution, ils sont destinés à vérifier le comportement des extrémités de câble sous pluie forte et brouillard propre, avec contamination uniforme et non uniforme des porcelaines.

D'une longueur d'environ 130 m, chaque câble prototype a été installé dans un caniveau en béton armé de l'aire d'essais extérieure. De nombreux thermocouples ont ensuite été placés à des endroits stratégiques, à la surface comme à l'intérieur du conducteur, et les caniveaux ont été remplis de béton maigre. L'installation est destinée à simuler le plus fidèlement possible l'environnement thermique et mécanique de l'installation réelle en tunnel.

Par ailleurs, d'autres essais ont été effectués au laboratoire Grande puissance afin d'évaluer la résistance mécanique des caniveaux et les risques d'incendie. Ils ont abouti à la conception d'un modèle de caniveau mécaniquement fonctionnel qui, en plus d'immobiliser complètement le câble, assure la sécurité du personnel d'entretien. Un vidéo a été produit à la suite des essais et il est projeté au Centre d'information de Grondines.

La plupart des essais de type et de démonstration ont été menés à bien, et l'ensemble du programme d'essais devrait prendre fin au milieu de 1991.

Toujours dans le domaine des câbles à très haute tension, nos spécialistes ont participé aux études préliminaires, à l'élaboration du devis technique ainsi qu'à l'évaluation des soumissions des câbliers en vue de l'essai, à l'IREQ, d'un prototype de câble à 800 kV c.a. destiné aux futures traversées sous-fluviales envisagées par Hydro-Québec. Ils ont également rédigé le protocole des essais auxquels seront soumis le câble, essais qui débuteront en 1992 avec un câble à l'huile isolé au papier synthétique (PPLP).

Câbles et Isolants

L'aire d'essais de câbles souterrains du laboratoire Haute tension servant présentement à tester les câbles à 500 kV c.c. de la traversée sous-fluviale.

COMPARAISON DES NORMES DE PARAFOUDRES DE POSTE

Trois normes distinctes s'appliquent présentement aux nouveaux parafoudres de poste à varistances de ZnO. Respectivement américaine, internationale et canadienne, il s'agit des normes ANSI, CEI et CSA. Chacune recommande des procédures d'essais différentes et nous cherchons à déterminer laquelle simule le mieux les conditions les plus sévères du réseau d'Hydro-Québec, offrant par la même occasion la meilleure marge de manœuvre.

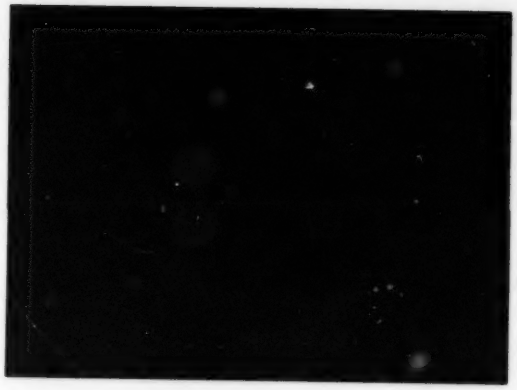
Exemple d'un courant de court-circuit ne passant pas par zéro lors d'un défaut sur la ligne compensée en série Churchill-Montagnais.

À cette fin, nous avons mis au point un modèle électrothermique de parafoudre qui simule les différentes procédures d'essais et évalue les contraintes auxquelles sont soumises les parafoudres, ainsi que leurs capacités limites. Ce modèle peut également tenir compte, de façon simultanée, de la conception retenue par chaque manufacturier. Les travaux réalisés pour le compte du service *Études et Normalisation (VPET)* ont porté sur les trois types d'essais de durabilité de chacune des normes. Trois types de conception de parafoudres de poste ont fait l'objet d'analyses.

La norme CEI s'est révélée la plus sévère quant à la capacité d'absorption d'énergie et la stabilité thermique des parafoudres. Ainsi l'essai de décharge de ligne de transport a été le plus sévère en termes de capacité d'absorption d'énergie, tandis que l'essai de fonctionnement l'a été en termes de stabilité thermique. La sévérité de cette norme tient au circuit qu'elle recommande pour les décharges de lignes de transport. Celui-ci impose en effet au parafoudre près de trois fois plus d'énergie pour une décharge de ligne.

Deux authentiques parafoudres à enveloppe de porcelaine ont été modélisés, ainsi qu'un autre, hypothétique, à paroi plus mince. D'une façon générale, on a observé que la température maximale — et donc le stress — atteinte par les varistances soumises aux essais selon la norme CEI dépasse de 30 à 60 °C les valeurs atteintes sous les normes américaine et canadienne. Quant au parafoudre hypothétique, il a satisfait aux attentes en matière d'absorption d'énergie, et sa stabilité thermique s'est révélée deux fois plus grande que celle des parafoudres à enveloppe de porcelaine.

Appareillage électrique



Lorsque le courant ne passe pas par zéro, les disjoncteurs à faible tension d'arc peuvent en effet éprouver certaines difficultés à l'interrompre. À l'aide d'un modèle d'arc de disjoncteur que nous avons mis au point, des simulations d'interruption de courants de court-circuit ont été réalisées pour les lignes Churchill-Montagnais, Radisson-Némiskau et Lemoyne-Albanel, sur une représentation complète du réseau de transport à 765 kV. Dans le cas le plus sévère (la ligne Churchill-Montagnais), l'étude a démontré que les disjoncteurs au gaz SF_6 seraient incapables d'interrompre le courant en raison d'une tension d'arc trop faible. D'autre part, à la même tension de 765 kV, les simulations ont montré que les disjoncteurs à air comprimé forceront un passage par zéro et pourront ainsi interrompre sans difficulté le courant de défaut, en raison d'une tension d'arc environ 20 fois supérieure à celle des disjoncteurs au SF_6.

Appareillage électrique

COUPURE D'UN COURANT DE COURT-CIRCUIT EN L'ABSENCE DE PASSAGE PAR ZÉRO DU COURANT

Afin d'augmenter la stabilité du réseau de transport d'Hydro-Québec, le service *Études de réseau (VPPR)* étudie présentement les modalités d'implantation de la compensation série. Celle-ci exige l'installation de batteries de condensateurs disposés en série avec les lignes de transport à haute tension.

Des études sur simulateur ont révélé que, en cas de court-circuit à proximité de la batterie de condensateurs, certains disjoncteurs de ligne doivent interrompre un courant de défaut qui ne passe pas par zéro pendant environ cinq cycles successifs. Ce phénomène est causé par un changement transitoire d'impédance du défaut, changement qui se produit lors de la conduction d'un parafoudre à oxyde de métal disposé en parallèle avec la batterie de condensateurs.

ESSAIS D'ÉQUIPEMENTS DE TRANSPORT AU LABORATOIRE GRANDE PUISSANCE

Plusieurs types d'essais ont été menés cette année à la demande de différents services et constructeurs. Pour la vice-présidence *Réseaux*, nous avons ainsi réalisé des essais d'endurance de la chambre auxiliaire d'ouverture d'un disjoncteur à air comprimé de 735 kV, dont on avait remplacé les joints d'étanchéité et certains ressorts. Le programme consistait à effectuer 1 000 interruptions d'un courant inductif de 260 A à 110 kV par la chambre de coupure principale, laquelle est pourvue d'une chambre auxiliaire renfermant une résistance de 500 ohms capable d'interrompre un courant de 100 A.

Essais d'un sectionneur à 735 kV au laboratoire Grande puissance.

Des essais de mesures de bruit au moment de l'interruption de divers courants de court-circuit ont aussi été menés afin de caractériser l'impact sonore d'un disjoncteur à air comprimé à 735 kV, et de valider la méthode d'atténuation par coquilles et bouchons d'oreille. Entrepris à la demande de la même vice-présidence et de la direction *Santé, Sécurité et Conditions de travail (VPPE)*, le programme a été mené en collaboration avec l'Université de Montréal.

Par ailleurs, des essais d'homologation comprenant des essais de coupure de défauts en lignes et des essais de manœuvres de fermeture-ouverture de courant de condensateurs uniques et de condensateurs dos-à-dos, conformes à la norme ANSI C37.09, ont été effectués sur une seule chambre de coupure d'un disjoncteur au SF_6 à 245 kV de type GFX constitué de deux chambres en série. Des courants d'essais de 189 et de 630 A, une tension transitoire de rétablissement de 325 kV et un courant d'appel de 20 kA crête à 4 250 Hz ont été produits dans le cadre de ce programme d'essais réalisé pour le compte de GEC Alsthom Énergie et du service *Appareillage électrique (VPR)*.

Enfin, pour le compte du service *Ingénierie de lignes (VPRE)*, des essais mécaniques ont été effectués sur des isolateurs à capot et à tige en verre trempé d'une tension nominale de 25 à 230 kV. Ce programme comportait des essais de résistance résiduelle selon la norme CEI 797, des essais d'endurance thermomécanique à basse et haute température (CEI 575), ainsi que des essais d'impact (ANSI C29.2), de rupture mécanique (CEI 383) et des essais électromécaniques.

Laboratoire Grande puissance

ÉTUDE DU SOULÈVEMENT PAR GEL ADHÉSIF DES FONDATIONS DE TYPE CAISSON

Les fondations à action latérale de type caisson en béton armé représentent une solution inédite pour lutter contre le gel. Plus économiques et beaucoup plus rapides à construire, elles sont destinées aux équipements légers des postes futurs. Cependant, pour s'assurer de leur conception optimale, une étude expérimentale a été commandée par le service *Études et Normalisation (VPET)* sur les risques de soulèvement par gel adhésif de ces fondations.

Dans le cadre de cette étude, une deuxième série d'essais a été réalisée à l'hiver 1989-1990 aux sites d'essais des postes de Beaupré et de Lévis, tous deux construits sur des sols particulièrement gélifs. L'analyse préliminaire des résultats a permis à la fois d'identifier les facteurs susceptibles de provoquer un soulèvement et de faire une évaluation comparative des différents types de fondations à caisson. Un concept novateur, qui fait appel à une protection mécanique créée par un tube profond entouré de sable, s'est révélé particulièrement efficace.

Une troisième série d'essais entreprise à l'hiver 1990-1991 permettra de confirmer ces résultats. En prévision de cette dernière saison d'essais, des fondations additionnelles ont été érigées au poste de Beaupré.

Mécanique

RACCORDS ÉLECTRIQUES ALUMINIUM-CUIVRE

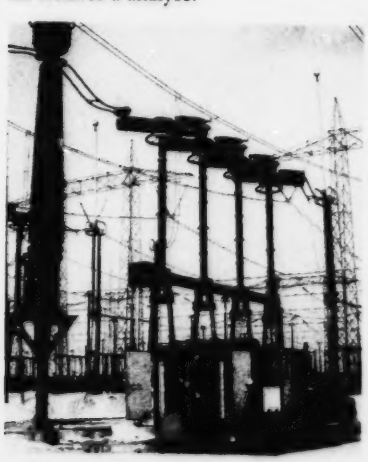
À la demande du service *Études et Normalisation (VPET)*, nous avons entrepris l'étude des facteurs qui influent sur la détérioration des raccords Al-Cu utilisés dans le réseau de transport. Les recherches ont également porté sur les mesures palliatives susceptibles de réduire l'effet néfaste de ces facteurs. Ainsi, une revue des expériences internationales dans le domaine, de même que des essais en laboratoire dans des environnements secs et corrosifs, ont démontré l'effet bénéfique des graisses, de certains placages et d'une bonne élasticité de l'assemblage mécanique. Par contre, l'utilisation de tôles bimétalliques (Al-Cu) de même que l'étamage sont déconseillés. La formation des phases intermétalliques Al-Cu et Cu-Sn, causée par l'élévation de température, contribue à accroître de façon irréversible la résistance de contact et la défaillance des raccords.

Les graisses, particulièrement dans un environnement pollué, sont apparues comme le meilleur moyen de lutter contre la détérioration des raccords. On a par la suite déterminé quelles sont les plus efficaces, et recommandé de les utiliser de pair avec certaines techniques d'assemblage précises. Ces deux mesures, combinées à une bonne conception des raccords, devraient réduire au minimum les défaillances et prolonger la durée de vie des raccords.

Technologie des matériaux

UNITÉ MOBILE D'ESSAIS D'APPAREILLAGE

À la demande du service *Équipements de transport (VPRE)* et en collaboration avec neuf régions, nous avons mis sur pied un projet destiné à fournir au personnel affecté aux essais d'appareillage électrique hors réseau une instrumentation polyvalente qui intègre aussi bien la méthode de travail que la technique de mesure, le traitement des résultats et les critères d'analyse.



La nouvelle unité mobile d'essais d'appareillage en service au poste de Nicolet.

L'instrumentation et le logiciel mis au point permettent aux responsables régionaux de reprendre le contrôle de toutes les étapes du processus. L'accent a été mis sur la convivialité afin de faciliter le travail aussi bien des électriciens d'appareillage que du personnel technique responsable de la configuration des essais.

L'unité mobile d'essais mise en service au poste de Nicolet a démontré une bonne coordination de la qualité, de l'exactitude et de la méthodologie, ce qui réduit sensiblement les risques d'erreur humaine. L'apprentissage du fonctionnement de l'unité par les électriciens va d'ailleurs bon train et l'on prévoit une diminution de plus de 30 % du temps d'intervention lors des essais d'appareillage.

Ce concept instrumentation-logiciel facilitera l'échange de connaissances entre régions, en plus d'offrir la possibilité de relier l'unité aux systèmes experts et aux bases de données centrales. On pourra ainsi bénéficier sur le chantier même de l'expertise et de l'information nécessaires aux travaux d'entretien.

L'année 1991 sera en grande partie consacrée au parachèvement d'autres unités ainsi qu'au transfert technologique dans les régions. À moyen terme, on prévoit évaluer les essais en cours et en introduire de nouveaux destinés à vérifier l'état de l'appareillage.

Électronique

ÉTUDE DES RELAIS DE PROTECTION

L'étude des relais de protection destinés aux lignes compensées en série a pris fin cette année après 17 mois d'essais au cours desquels 120 000 défauts ont été simulés sur le simulateur de réseau de l'IREQ. Fait saillant de cette étude, nous avons mis au point un nouveau dispositif, le « rejoueur de formes d'ondes », qui permet de poursuivre des essais sur de nouveaux relais sans recourir à l'ensemble du simulateur.

L'installation de la compensation série sur les lignes à très haute tension exige de remplacer les relais de protection qui ne conviennent pas à cette nouvelle technologie. À la demande du service *Automatisation et Protection (VPET)*, nous avons ainsi vérifié le comportement de huit nouveaux systèmes de protection provenant de cinq constructeurs, dont chacun avait recours à un principe de fonctionnement précis : mesure d'impédance, détection de front d'onde, différentiel de courant et comparaison de phases. Les résultats de ces essais ont permis à Hydro-Québec de choisir les systèmes les plus appropriés.

L'étude des relais de protection destinés aux lignes compensées en série a pris fin cette année.

Aux fins de cette étude, tout le réseau compensé en série de l'hiver 1993 a été simulé, avec des équivalents de réseaux pour les tensions inférieures à 308 kV. Tous les courts-circuits simulés ont été emmagasinés sur disques optiques afin de créer une banque de 120 000 défauts sur 20 lignes différentes du réseau de transport. Ces défauts pourront être réutilisés afin de mettre à l'essai des relais modifiés ou nouveaux. Le rejoueur de formes d'ondes et la banque de défauts permettent en effet de poursuivre de nombreux essais sans mobiliser pour de longues périodes la totalité du simulateur. Il suffit de brancher directement les relais au rejoueur par le biais d'interfaces appropriées et de relire les essais sauvegardés sur disques. L'entreprise disposera dorénavant d'un nouveau banc d'essais dynamiques pour relais de protection.

D'ores et déjà, les résultats de l'étude ont permis de retenir certains types de relais et d'en rejeter d'autres en fonction de leur fiabilité et de leur sécurité. Rappelons que trois systèmes de protection différents seront installés sur chaque ligne compensée en série, soit deux systèmes de protection primaire et un système de relève.

Simulation de réseaux

COMPENSATEURS STATIQUES DU POSTE CHAMOUCHOUANE

Conformément au devis d'achat d'Hydro-Québec, les compensateurs statiques destinés au poste Chamouchouane ont été soumis cette année à des essais de performance sur simulateur à la demande de leur constructeur, la firme ABB. Une première série d'essais a permis d'apporter un certain nombre d'améliorations au contrôleur de ces compensateurs, notamment les suivantes :

- mise au point des circuits d'allumage des contrôleurs du simulateur de l'IREQ ;
- amélioration de la performance dynamique des filtres antirésonance du réseau lors de variations de fréquence ;
- modification du raccordement du transformateur auxiliaire de mesure de tension en vue de contourner la séquence homopolaire ;
- détermination des réglages du circuit de balance de courant continu dans l'inductance contrôlée par thyristor ;
- étude pour l'ajout d'un gain proportionnel au gain intégral du régulateur de tension du contrôleur.

Une deuxième série d'essais a été réalisée en collaboration avec les services *Ingénierie de postes* et *Automatisation et Protection (VPET)*, *Commande et Protection (VPRE)* et *Études de réseaux (VPPR)*.

Ces essais ont servi à évaluer le comportement et la résistance du contrôleur et des principaux relais de protection du compensateur en présence d'harmoniques. On a ainsi examiné, entre autres, des cas de production d'harmoniques causée par la circulation de courant continu dans le neutre du transformateur, ce qui a permis d'approfondir notre connaissance du comportement des relais de protection ainsi que leurs limites lors d'orages géomagnétiques.

Des essais complémentaires ont enfin permis d'évaluer la sensibilité aux tensions harmoniques de certaines fonctions du contrôleur (mesure de tension, synchronisation, etc.). De plus, la fonction de contrôle du courant continu dans l'inductance a été analysée afin d'établir ses capacités maximales et d'évaluer le potentiel d'atténuation de ce circuit en cas de saturation du transformateur du compensateur lors d'orages géomagnétiques. Ces travaux ont été réalisés pour le compte de la vice-présidence *Équipements de transport*.

Simulation de réseaux

ÉTUDE DU RÉSEAU MULTITERMINAL À COURANT CONTINU

Nous poursuivons actuellement à la demande du service *Réseau (VPRE)* une étude sur le réseau multiterminal à courant continu (RMCC). L'étude a pour but d'assurer le bon fonctionnement du réseau dans toutes les configurations nécessaires pour transporter l'énergie depuis la centrale La Grande-2A jusqu'au sud du Québec, ainsi que pour l'exportation aux États-Unis. Notre contribution consiste à fournir un soutien aux essais de mise en service et d'acceptation du réseau en exécutant à l'avance ces essais sur le simulateur ; à résoudre les problèmes ponctuels qui surviennent en réseau ; à réaliser les études complémentaires de mise en service ; et à optimiser les commandes. L'étude porte surtout sur les systèmes de commande et de protection des convertisseurs CCHT.

À elle seule, cette étude a rendu nécessaire la construction d'un nouveau simulateur de réseau. Celui-ci permet de simuler l'ensemble du réseau actuel, avec des équivalents de réseau pour les tensions inférieures à 315 kV. Il inclut également les compensateurs statiques, une partie du réseau de la Nouvelle-Angleterre ainsi que les nouveaux modèles dynamiques de machines. De plus, l'équipement des postes convertisseurs (filtres c.a. et c.c., disjoncteurs et interrupteurs, réseaux de neutre et de mise à la terre de poste, électrodes) est représenté en détail. Il s'agit de la plus importante étude jamais réalisée sur un simulateur de réseau.

Tracé de la 11e ligne à courant continu Baie-James — Nouvelle-Angleterre.

Parmi les travaux de simulation effectués, soulignons la validation des systèmes de commande à courant continu du simulateur de la ligne Radisson-Sandy Pond, la mise en service des modèles détaillés des réseaux d'Hydro-Québec et de la Nouvelle-Angleterre, ainsi que l'installation et la mise en service des modèles des postes de Nicolet, des Cantons et de Comerford. Des essais de mise en service et d'exploitation des postes de Radisson et de Sandy Pond ont également été réalisés en modes synchrone, monopolaire et bipolaire.

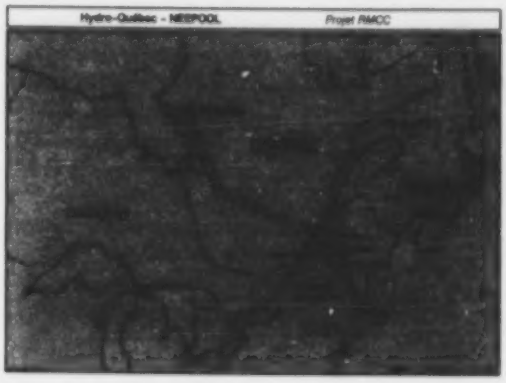
Nous prévoyons l'an prochain mettre en service sur le simulateur le modèle de la ligne à courant continu en mode multiterminal. On étudiera d'abord la ligne Radisson-Sandy Pond en mode synchrone et îloté, puis la ligne Radisson-Nicolet en mode monopolaire.

Enfin, nous aurons recours au logiciel EMTP pour analyser les phénomènes qui seront décelés sur le simulateur ou lors de la mise en service en chantier. À cette fin, un projet en cours vise à mettre au point un modèle du réseau RMCC (avec représentation des réseaux c.a. et c.c.) sur le logiciel EMTP. On procédera à sa validation en comparant les résultats des essais sur EMTP avec les résultats des mêmes essais sur le simulateur. Ce modèle visera à représenter avec une grande précision les systèmes de commande et de protection des convertisseurs CCHT.

Les deux premières étapes de ce projet ont été menées à bien, soit la modélisation détaillée du système de commande des ponts convertisseurs avec le réseau à courant alternatif simplifié, ainsi que le raffinement du modèle à deux terminaux Radisson-Sandy Pond, doté des nouvelles fonctions nécessaires à l'étude du réseau telle la protection de ligne à courant continu.

La modélisation du réseau multiterminal pourvu des fonctions nécessaires au système de commande central sera complétée l'an prochain.

Simulation de réseaux



DÉTECTION D'ISOLATEURS DÉFECTUEUX

Hydro-Québec se préoccupe d'accroître la fiabilité de ses équipements. À cette fin, le service *Équipements de transport (VPRE)* nous a confié le mandat de mettre au point un appareil de signalisation d'isolateurs défectueux.

Les défaillances occasionnelles que subissent les isolateurs provoquent le plus souvent chez ceux-ci des modifications matérielles, leur éclatement par exemple, qui facilitent l'identification du problème.

Comportement vibratoire comparé de conducteurs simples et en faisceau.

En revanche, dans le cas des alimentations par câble de garde des stations répétitrices du réseau de télécommunications d'Hydro-Québec, les défauts des isolateurs en porcelaine laissent peu ou pas de traces. Il est donc très difficile de détecter l'isolateur défectueux, d'autant plus que ce type d'alimentation se retrouve en régions éloignées et difficiles d'accès. Les recherches se font par hélicoptère, de concert avec des équipes au sol, ce qui est très coûteux.

Notre objectif était donc de concevoir un dispositif de signalisation qui s'adapte aux isolateurs utilisés dans ce type d'alimentation. L'appareil devait être autonome et s'installer rapidement sur la plupart des sites, sans l'aide de spécialistes.

À ce jour, nous avons mis au point un détecteur de type thermo-résistif à signalisation visuelle. Testé en laboratoire, il répond à toutes nos exigences. L'appareil sera installé sous peu à un site pilote où il subira des essais de validation.

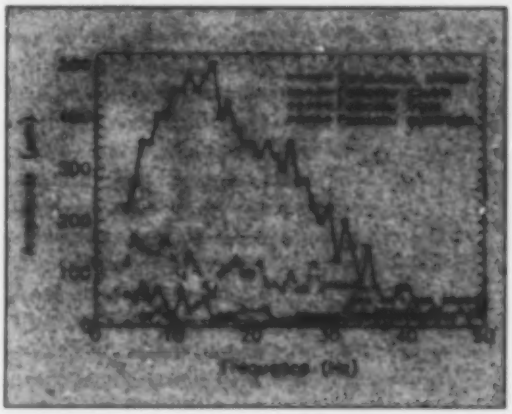
D'autres travaux visent à adapter ces détecteurs aux isolateurs synthétiques. Ces derniers subissent des défaillances intermittentes qui ne sont pas facilement repérables et provoquent la mise hors service d'une ligne de transport. De tels appareils seraient très utiles pour détecter l'équipement défectueux et accélérer la remise en service des lignes touchées.

Électronique

Dispositif de détection des fuites dans les isolateurs.

ÉTUDES EN MÉCANIQUE DES LIGNES

Parmi les nombreuses études menées à bien cette année, soulignons d'abord l'évaluation sur site des effets des vibrations éoliennes sur les faisceaux de conducteurs aluminium-acier surtendus. Entreprise en 1986 pour le compte de l'Association canadienne de l'électricité, l'étude a permis de dégager clairement l'intérêt économique et la faisabilité technique d'utiliser les conducteurs en faisceau à des tensions mécaniques plus élevées.



Soutenue par le service *Études et Normalisation (VPET)*, l'étude en ligne expérimentale du comportement vibratoire des conducteurs tout-alliage en faisceau triple, destinés aux lignes à ±450 kV c.c., a également été complétée avec succès. Ces systèmes de conducteurs représentent une option technologique viable et sécuritaire. D'autre part, la mise au point du logiciel VIBEOL, entreprise pour améliorer le calcul des vibrations éoliennes des conducteurs en faisceau, est maintenant achevée. De même, la première phase du projet « Chargement dynamique des pylônes de ligne sous l'effet de la pression du vent sur les conducteurs » a été menée à bien. Ce projet a permis de confronter les mesures expérimentales avec les prescriptions de la Commission électrotechnique internationale (CEI).

D'autres études parrainées par le service Études et Normalisation sont en cours. Les principales sont les suivantes : à l'Université de Sherbrooke, l'étude en soufflerie de l'énergie éolienne transmise aux conducteurs dont la vibration par rapport à l'écoulement est non orthogonale ; en collaboration avec l'Université Laval, la modélisation de l'auto-amortissement des câbles sur la base du micro-glissement des brins ; l'évaluation sur site des vibrations des câbles à fibre optique et de leur effet sur la transmission ; enfin, les études en ligne et en laboratoire portant sur les systèmes de balisage pour lignes aériennes.

Par ailleurs, l'utilisation de la ligne expérimentale des Îles-de-la-Madeleine aux fins de la recherche sur la dynamique des conducteurs a pris fin cette année, après 17 années d'exploitation ininterrompue. Désaffectée, celle-ci servira désormais aux études de vieillissement du matériel de ligne.

Soulignons finalement que les chercheurs ont mis une dernière main au PAVICA, le palpeur et analyseur de vibrations de conducteurs aériens. La mise au point de cet appareil, maintenant commercialisé par la société Roctest de Saint-Lambert (Québec), a été commanditée par le service *Équipements de transport (VPRE)*.

Mécanique

CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES MANCHONS DE LIGNES

La conception et les essais de dispositifs d'électrodes destinés à assurer la qualité de l'assemblage des manchons des lignes de transport ont été menés à bien au cours de l'année. Les dispositifs à électrodes multiples mis au point permettent de mesurer la résistance de contact entre les câbles multibrins d'aluminium et les manchons des lignes aériennes à 735 kV.

Une série d'essais a d'abord été menée en laboratoire sur des joints soumis à différents taux de compression. Les mesures de résistance n'ont cependant pas permis de déterminer la qualité des joints neufs, sauf en ce qui a trait au décentrage des manchons. Par contre, utilisée pour l'examen de manchons de lignes à 120 kV récupérés dans l'est de Montréal, cette méthode d'analyse par résistance a mis en évidence la dégradation des installations.

Notons que les nouvelles électrodes ont été conçues pour être faciles à utiliser sur le site même. Les avantages de cette méthode de contrôle de la qualité de l'assemblage des manchons de lignes seront évalués l'an prochain par le service *Études et Normalisation (VPET)*, qui avait commandé l'étude.

Chimie des matériaux

Dispositif à électrodes multiples servant à mesurer la résistance électrique des manchons de lignes à 735 kV.

PROTECTION NUMÉRIQUE DE POSTES

Une étude a été entreprise pour le compte du service *Études et Normalisation (VPET)* en vue d'adapter aux postes de répartition les systèmes de protection numérique mis au point pour les installations de centrales (relais RUPA et DIGLO). L'étude s'est penchée sur trois systèmes : protection des artères, des transformateurs et des lignes à 120 kV. Chacune de ces protections a fait l'objet d'une modélisation numérique détaillée, assortie d'ordinogrammes correspondants. Par la suite, on a élaboré divers scénarios d'implantation des fonctions sur les montages de base développés en centrales, les unités fonctionnelles de protection (UFP).

Il ressort de cette étude qu'une UFP pourrait accommoder l'une des trois combinaisons de fonctions suivantes : soit un maximum de quatre protections d'artères, soit deux protections complètes pour deux transformateurs, ou encore une protection de ligne complète. Chacune des UFP requises serait dès le départ raccordée à l'unité ALCID par un lien RS-485. En outre, les microprocesseurs et les cartes de conversion analogique-numérique de l'UFP feront l'objet de perfectionnements importants afin d'accroître leur performance et de satisfaire aux nouvelles exigences des systèmes de protection mis au point.

Électronique

Modélisation du comportement d'un conducteur aérien (Columbine) : courbe expérimentale et courbe calculée.

PROJETS DE RECHERCHE MULTI-ANNUELS SUR LES MATÉRIAUX

L'année écoulée a été fertile en activités et en projets de toutes sortes dans le domaine du transport. Ainsi nous avons entrepris, à la demande de la vice-présidence *Équipements de transport*, huit projets multi-annuels dont la plupart comportent deux volets complémentaires de recherche et d'expertise. Quatre d'entre eux retiennent particulièrement l'attention.

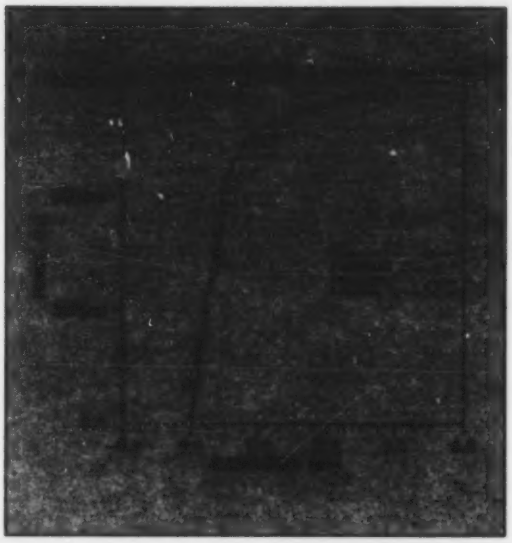
Nous avons d'abord contribué aux travaux et aux études techniques touchant la planification et l'ingénierie des électrodes de mise à la terre des lignes. Ces travaux sont particulièrement importants pour la protection des installations, la sécurité du personnel et du public, l'amélioration de la qualité du service et la protection de l'environnement. Nous avons ainsi analysé les risques de corrosion des oléoducs et des lignes de transport liés à l'utilisation des électrodes de mise à la terre, et élaboré diverses méthodes de calcul de la résistance de mise à la terre des complexes hydroélectriques, des postes et des lignes de transport, en tenant compte des résistances combinées.

En deuxième lieu, nous avons conçu un modèle de calcul théorique de la résistance mécanique des conducteurs aériens. Dans le cadre d'un projet mixte subventionné par l'Association canadienne de l'électricité, nos calculs ont été comparés aux résultats d'essais de la firme PowerTech Lab, de Colombie-Britannique, et se sont révélés très concluants. Ce modèle intéresse au plus haut point les ingénieurs responsables de la conception des lignes de transport d'Hydro-Québec, et pourrait être inclus dans un projet conjoint dès l'an prochain.

Nous avons par ailleurs mis au point une nouvelle méthode de conception des composantes de lignes ainsi que des diagrammes de rupture adaptés à celles-ci, en ayant recours à la mécanique de rupture linéaire élastique. Utilisée avec succès pour modifier la conception des pinces d'alignement d'aluminium coulé et des barres d'ancrage des pylônes haubanés, cette nouvelle méthode sera soumise au service *Études et Normalisation (VPET)*.

Enfin, dans le cadre du programme CQMR (conception, qualité, maintenance, recherche), un groupe de travail composé d'ingénieurs de plusieurs unités d'Hydro-Québec a été formé en vue d'améliorer la qualité des composantes des lignes et postes de transport et d'orienter les activités technologiques à moyen et à long terme en ce domaine.

Technologie des matériaux



HUILES ISOLANTES POUR TRANSFORMATEURS ET POUR DISJONCTEURS

Par suite des problèmes majeurs survenus dans les transformateurs de puissance de la centrale La Grande-4, la région *La Grande* et le service *Études de réseaux (VPPR)* ont recouru à notre expertise dans le domaine de la caractérisation des propriétés des huiles isolantes afin d'évaluer l'isolation des transformateurs. Nous avons analysé à cette fin les particules contenues dans l'huile isolante et interprété les résultats des analyses de gaz dissous.

L'analyse par ferrographie a révélé la présence de fines particules d'aluminium qui proviennent d'une abrasion mécanique dans les refroidisseurs d'huile. Quant à l'interprétation des résultats d'analyse de gaz dissous, elle a mis en évidence certains points chauds qui, selon une inspection subséquente, proviennent d'un échauffement anormal des raccords basse tension.

À la demande du service *Équipements de transport (VPRE)*, nous avons effectué une autre étude portant sur différentes huiles qui pourraient être utilisées dans les disjoncteurs Merlin-Gérin. Celle qu'on utilise présentement vieillit très vite et doit être changée tous les trois ans. Une des huiles soumises à un vieillissement accéléré présentait des propriétés équivalentes tout en ayant une durée de vie estimée d'au moins neuf ans. La réduction de l'entretien et la disponibilité accrue des disjoncteurs qui résulteront de l'emploi de cette huile permettront de réaliser des économies considérables.

Câbles et Isolants

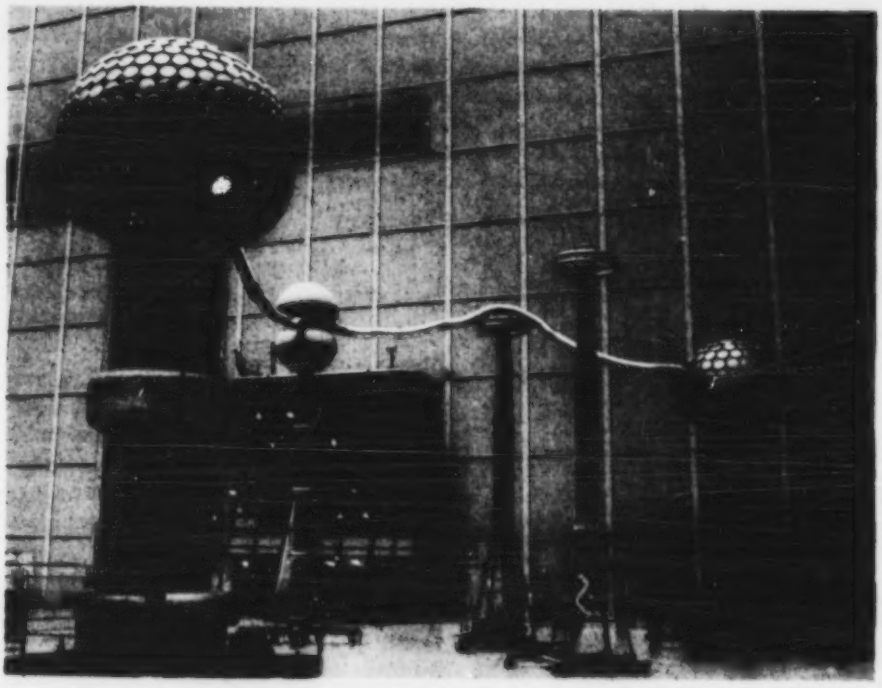
ESSAIS AU LABORATOIRE HAUTE TENSION

Particulièrement active, l'année écoulée fut notamment consacrée à de nombreux essais de qualification d'équipement haute tension, réalisés à la demande de l'entreprise et de divers constructeurs. Nous avons en effet vérifié plus de 40 transformateurs de puissance et inductances shunt, ainsi que 60 transformateurs de courant à 550 et 735 kV construits à l'usine de Varennes de la firme ABB. Plusieurs de ces appareils sont destinés à des points stratégiques du réseau, notamment le transformateur CCHT du poste de Nicolet, les transformateurs des centrales La Grande-2 et La Grande-4, et le transformateur triphasé à 735 kV, 225 MVA du compensateur synchrone du poste d'Abitibi.

Nous avons également mené à bien, dans le cadre d'un projet de l'Association canadienne d'électricité, un vaste programme d'essais de vieillissement d'isolateurs de distribution provenant de divers constructeurs.

En ce qui a trait aux câbles à ±500 kV c.c. destinés à la traversée sous-fluviale, nous avons achevé les essais de type des câbles STK et Pirelli. Par ailleurs, avec la mise en service l'an dernier de la nouvelle aire d'essais de câbles souterrains CCHT, nous avons pu mener une série d'essais de démonstration sur trois boucles de câble à ±500 kV d'environ 130 m de longueur, leurs traversées et l'appareillage connexe, le tout provenant de trois constructeurs différents. Le principal but de ces essais était de vérifier l'ensemble des composantes de la liaison sous-fluviale et d'évaluer leur comportement à long terme. Placé sous la responsabilité générale du service *Câbles et Isolants (VPR)*, ce programme visait à répondre aux besoins de la vice-présidence *Équipements de transport* (voir aussi l'article en page 20).

Pour la direction *Appareillage (VPRE)*, nous avons également réalisé des essais de validation des détecteurs de tension destinés au réseau à 735 kV. Afin d'améliorer la sécurité des travailleurs, plusieurs essais ont aussi été menés sur des pièces d'équipement servant à l'entretien du réseau.



Essais de câbles à 500 kV c.c. dans le grand hall du laboratoire Haute tension.

D'autre part, la résistance aux chocs de manœuvre des équipements du réseau à 735 kV ayant été accrue récemment de 1 425 à 1 550 kV, nous avons mené des essais de tenue aux chocs sur plusieurs équipements majeurs, notamment des sectionneurs, des transformateurs de puissance et de courant ainsi que des isolateurs.

Enfin, le laboratoire Haute tension a modifié ses installations au cours de l'année en vue de réaliser, selon les nouveaux critères de fiabilité de l'entreprise, les essais de tension appliquée sur les inductances shunt à 765 kV. Ainsi, ces essais seront désormais effectués à une tension de 750 kV_{eff} (au lieu de 660 kV), et le niveau de décharges partielles devra être inférieur à 500 pC.

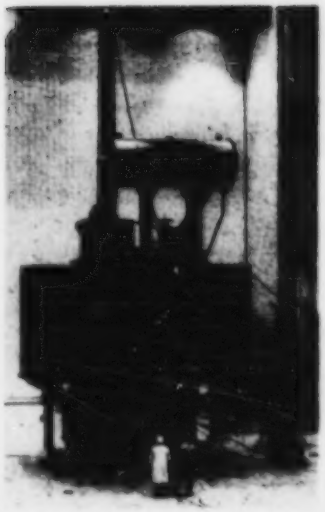
Les principales modifications apportées sont les suivantes :

— L'isolation du transformateur 122 MVA a été améliorée pour respecter l'exigence d'une tension de 750 kV_{eff}. Jusqu'à maintenant, les essais et les mesures des décharges partielles se sont révélés très satisfaisants.
— Une nouvelle batterie de condensateurs à 80 kV, 80 Mvars, a été ajoutée.
— Les infrastructures adjacentes aux batteries de condensateurs ont été modifiées de façon à minimiser le niveau ambiant de décharges partielles.

On prévoit compléter les essais de mise en service des nouvelles installations du laboratoire le 1er mars 1991.

Laboratoire Haute tension

Essai d'un transformateur de la société Jeumont-Schneider au laboratoire Haute tension.



BROUILLAGE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Nous avons entrepris pour le compte de l'Association canadienne de l'électricité un projet de recherche qui a pour but de constituer une base de données sur les bruits électromagnétiques à très haute fréquence émis par les lignes de transport à haute tension et les postes électriques.

La base de données servira au comité technique de l'Association canadienne de normalisation (ACNOR) sur la compatibilité électromagnétique des systèmes électriques. Une norme touchant les niveaux de bruit acceptables sera établie, ainsi qu'une méthode de mesure du bruit produit à une fréquence variant de 30 à 300 MHz. Le ministère fédéral des Communications envisage d'utiliser cette norme pour établir sa réglementation.

En plus de l'IREQ, plusieurs organismes ont été mis à contribution, notamment le Manitoba HVDC Centre, Saskatchewan Power, BC Hydro et Ontario Hydro Research. Le rôle de l'IREQ consiste principalement à mesurer le bruit émis par les lignes, sur deux sites et pour une période d'au moins un an, ainsi qu'à rédiger la version finale du rapport mixte.

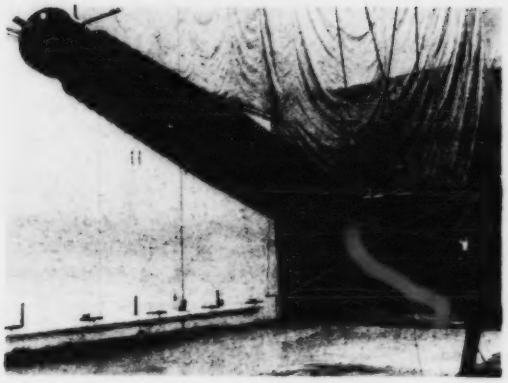
À ce jour, toutes les mesures nécessaires ont été prises. Leur analyse et la rédaction du rapport vont bon train, et l'on prévoit avoir terminé le projet au début de l'année prochaine.

Lignes aériennes

AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE DES TRAVERSÉES MURALES CCHT

L'année dernière, la région *Maisonneuve* avait construit, selon les devis de l'IREQ, un modèle réduit de traversée murale. Cette année, on a procédé à des mesures de résistance et de capacité électriques entre les écrans conducteurs de cette traversée modèle, en plus de mesurer la répartition de tension sur les écrans intérieurs de la traversée en régime de tension continu, alternatif et impulsionnel. Par ailleurs, nous avons mené, dans la grande salle de pollution du laboratoire Haute tension, des essais sous pluie uniforme et non uniforme sur une traversée murale à courant continu et à haute tension (CCHT) de 600 kV.

Ces essais visaient à mesurer la résistance de surface de la porcelaine de la traversée pour des taux de précipitation et de conductivité variés. Nous pouvons ainsi mieux comprendre le mécanisme de contournement des traversées murales CCHT, même à des tensions inférieures à la tension de service.



Essais d'une traversée murale CCHT dans la grande salle de pollution du laboratoire Haute tension.

De plus, nous avons pu déterminer les conditions environnementales qui serviront à simuler les contournements électriques au moyen d'un modèle mathématique conçu à l'IREQ et amélioré au cours de l'année.

Le texte d'une conférence sur la modélisation d'une traversée murale sous pluie non uniforme a également été produit et soumis à l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Enfin, des échanges scientifiques ont eu lieu avec l'Electrical Power Research Institute (EPRI) sur nos travaux de recherche respectifs dans le domaine. Cette collaboration se poursuivra au cours des deux prochaines années.

Lignes aériennes

EFFETS BIOLOGIQUES DES CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

Tandis que les projets en cours marquaient des progrès significatifs, de nouveaux projets ont été entrepris cette année dans le domaine des effets biologiques des champs électriques et magnétiques. En collaboration avec Ontario Hydro et Santé et Bien-être social Canada, un important projet a ainsi été lancé au Centre de recherche en immunologie de l'Institut Armand-Frappier en vue de déterminer si l'exposition aux champs magnétiques à 60 Hz accroît le risque de cancer chez les rats. Notre expertise a été mise à contribution, notamment pour calibrer l'exposition aux champs et effectuer des vérifications périodiques.

Un projet de même nature, concernant les vaches laitières cette fois, a également été entrepris au Collège Macdonald de l'université McGill. Une salle d'exposition, qui simulera l'effet des champs électriques et magnétiques produits par les lignes de transport à haute tension, est présentement en voie de construction. Elle permettra d'analyser la production et la qualité du lait, les activités hormonales ainsi que le comportement métabolique des vaches exposées à ces champs.

Du côté des projets en cours, on a terminé la mise au point des systèmes d'alimentation (trois sources à haute tension), de mesure et de contrôle d'une chambre d'exposition destinée à examiner la réaction des humains aux champs électriques et aux courants ioniques. Des volontaires seront recrutés parmi la population afin de participer aux essais prévus pour le début de 1991.

Dans le cadre du projet de caractérisation de l'environnement, nous avons terminé la campagne de mesures des champs électriques et magnétiques dans différents milieux industriels et résidentiels. Nous avons entrepris l'analyse des résultats et un rapport sera publié au début de 1991.

Par ailleurs, nous avons continué de fournir une assistance technique en matière de dosimétrie pour l'étude épidémiologique réalisée conjointement par Hydro-Québec, Ontario Hydro et Électricité de France. Nous avons notamment mis au point une méthode de calibration et de vérification des mesures de transients à haute fréquence.

Enfin, l'Électrium, le centre d'interprétation des effets biologiques des champs électriques et magnétiques, a ouvert ses portes à l'automne.

Lignes aériennes

ÉVALUATION D'ISOLATEURS COMPOSITES VIEILLIS EN SERVICE

À partir de 1975, Hydro-Québec a installé plusieurs centaines d'isolateurs composites sur certains tronçons de ses lignes de transport à 230, 315 et 735 kV. Ces isolateurs, qui comportent différents types de ferrures et de matériaux de recouvrement du jonc en fibre de verre, se sont pour la plupart bien comportés en service. Quelques-uns ont cependant montré des signes de faiblesse ou ont dû être remplacés. Après bientôt une quinzaine d'années d'exploitation, on a donc choisi de remplacer la majorité d'entre eux par de nouveaux isolateurs composites fabriqués selon les technologies les plus récentes.

Les isolateurs retirés du service sont présentement soumis à une série d'essais diagnostiques dont les résultats serviront à déterminer les diverses modifications causées par le vieillissement. Ainsi, on procède actuellement à l'analyse de la dégradation de la surface des ailettes causée par les contraintes électriques ou climatiques ; à l'évaluation des tensions de contournement mesurées à l'aide des méthodes classiques et d'une nouvelle méthode mieux adaptée aux propriétés des isolateurs composites ; et, enfin, au calcul des charges de rupture instantanée en traction et des courbes « charge-temps de rupture ».

Selon les premiers résultats concernant les charges de rupture, les caractéristiques mécaniques des isolateurs soumis à une charge statique de tension ne se seraient pas détériorées, même après 12 ans de service. Il semble même que les changements survenus pourraient avoir eu des répercussions positives.

Lignes aériennes

IMPLANTATION DES LOGICIELS DE SIMULATION NUMÉRIQUE DANS UN NOUVEL ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE

Un nouvel environnement informatique, composé de stations de travail Sun et d'un superordinateur Cray, a été acquis par la vice-présidence *Planification du réseau* en vue de permettre la réalisation d'études de simulation plus poussées. Ces études visent principalement à améliorer la fiabilité du réseau ainsi qu'à analyser les contrats d'exportation vers les réseaux voisins et le comportement de réseaux toujours plus grands et plus complexes.

Étant donné que nous avons conçu plusieurs de ces logiciels de simulation numérique, on nous a confié la tâche de les implanter dans le nouvel environnement. Une première étape de l'opération a été franchie avec l'implantation de ces logiciels dans les stations de travail Sun.

Par la suite, les logiciels qui exigent une plus grande puissance de calcul, soit ceux d'étude de stabilité (ST600) et d'analyse des transitoires électromagnétiques (EMTP), ont été implantés dans le superordinateur Cray. En raison de la représentation interne différente des deux systèmes, les entrées-sorties des logiciels sur Cray ont été modifiées de façon à pouvoir recevoir et transmettre des données selon la représentation des systèmes Sun. Une procédure de soumission par lot assure l'intégration transparente des stations de travail Sun et du superordinateur Cray. Ainsi, la préparation des données et le traitement graphique des résultats se font toujours sur les stations de travail, tandis que les calculs peuvent se faire sur le Cray à la demande de l'utilisateur. Les usagers profitent ainsi d'un accès transparent et de la capacité d'exécution élevée du superordinateur.

Méthodes numériques

MODÉLISATION DE LA COMPENSATION SÉRIE DANS LE PROGRAMME DE STABILITÉ ST600

Dans le cadre des travaux d'implantation de la compensation série sur le réseau de transport d'Hydro-Québec, nous avons mis au point un modèle numérique des équipements de compensation destiné aux études de stabilité transitoire.

Ce modèle permettra aux ingénieurs affectés à la planification et à l'exploitation du réseau de mener des études de simulation qu'il était auparavant impossible de réaliser. Il permet en effet de modéliser avec une grande précision le comportement d'un compensateur série et l'amorçage de son parafoudre lorsque surviennent de graves perturbations dans le réseau.

La modélisation inclut une représentation du condensateur, du parafoudre, de l'éclateur et du disjoncteur de contournement. Un automatisme de protection en surcharge contrôle l'amorçage de l'éclateur, tandis qu'un automatisme de protection en surintensité contrôle l'enclenchement du disjoncteur de contournement. Les deux automatismes ont été modélisés en collaboration avec le client, selon les caractéristiques des équipements fournies par les constructeurs.

Par ailleurs, une nouvelle version du programme de stabilité transitoire ST600 a été créée. Les nombreuses améliorations qu'elle comporte assurent une utilisation optimale de la modélisation mise au point.

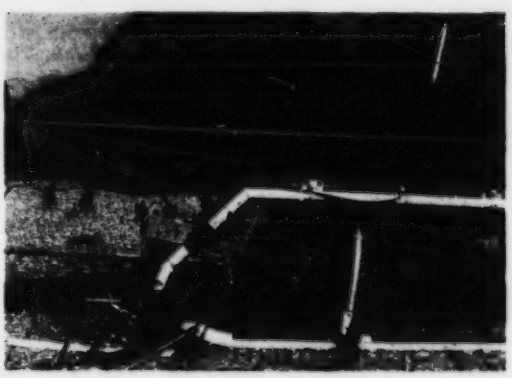
Le modèle et la nouvelle version du programme ont été validés par le client, en l'occurrence le service *Études de réseaux (VPPR)*. Ils seront mis à la disposition de tous les usagers du programme ST600 dès le début de 1991 sur le réseau Sun et le superordinateur Cray.

Méthodes numériques

CONTRÔLE DE L'ÉPANDAGE DE PHYTOCIDES

À la demande du service *Appareillage* de la région *Manicouagan* et en collaboration avec le service *Équipements de transport (VPRE)*, nous avons mis au point un mécanisme visant à accroître la précision de l'épandage de phytocides. La végétation dans les emprises des lignes électriques à haute tension est régulièrement soumise à un tel traitement chimique dans la région Manicouagan. Plusieurs zones étant inaccessibles par voie de terre, le traitement est appliqué par pulvérisation aérienne.

Afin de protéger l'environnement, l'épandage doit toucher le plus précisément possible la végétation de l'emprise, sans menacer les zones sensibles tels les lacs, les rivières et les routes. On a donc recours à l'hélicoptère, qui peut voler à basse altitude et à faible vitesse, conditions nécessaires au respect de ces exigences.



Nouveau dispositif permettant d'accroître la précision de l'épandage des phytocides par hélicoptère.

L'expérience acquise en matière de pulvérisation par hélicoptère a montré qu'il est impératif de bien contrôler la vitesse par rapport au sol afin d'assurer la précision de l'épandage. Cependant, les hélicoptères sont munis d'appareils de mesure de vitesse fonctionnant selon le principe pitot-statique, qui établissent la vitesse par rapport à l'air ambiant plutôt qu'au sol. Nous avons donc conçu et assemblé un prototype d'appareil de mesure qui fonctionne sur le principe de l'effet Doppler pour mesurer la vitesse par rapport au sol.

La prochaine étape consistera à inclure divers autres paramètres tels que le volume de phytocides utilisé, la vitesse moyenne, le débit moyen et, surtout, le contrôle du débit en temps réel selon la vitesse.

L'appareil a fait l'objet d'essais au cours de l'été lors d'opérations d'épandage, et les résultats se sont révélés très concluants. Le procédé présente de nombreux avantages sur les plans économique et environnemental, ainsi qu'au chapitre des ressources humaines. Soulignons en terminant l'excellente collaboration du personnel de la région Manicouagan ainsi que de la firme Zimmer Helicopters.

Électronique

Les travaux du groupe TAI en matière de distribution sont liés aux valeurs stratégiques de l'entreprise : qualité du service au chapitre du produit et de l'alimentation électrique ; santé et sécurité du public et du personnel. Ainsi nos chercheurs ont mis au point un nouveau parafoudre de distribution antidéflagrant dont 500 exemplaires ont été installés en réseau à des fins d'évaluation. Nous avons poursuivi la mise au point de transformateurs de distribution à circuits magnétiques en acier amorphe, œuvré à l'élaboration d'un protocole de mesure de la qualité de l'onde de tension des réseaux de distribution, et mis au point un appareil de surveillance, le perturbographe. Une étude a été entreprise sur les dommages causés par les arcs de défaut phase-terre dans les réseaux de distribution secondaires à 347/600 V, ainsi que sur le vieillissement des raccords de câbles souterrains. Un protocole d'évaluation des recouvrements anticorrosifs utilisés dans les chambres souterraines de distribution a été mis au point, tandis que de nombreux essais ont été réalisés au laboratoire Grande puissance sur l'appareillage de distribution. Nous avons par ailleurs mis au point un système d'acquisition de signaux destiné à mesurer les courants de foudre en réseau et à surveiller le comportement de l'appareillage. Nos recherches se sont poursuivies sur l'évaluation de la fiabilité des raccords et sur la diffusion du pentachlorophénol dans l'environnement. Enfin, un projet a été entrepris concernant la limite de rupture et les contraintes mécaniques des cuves de transformateurs.

Expulsion d'arc interne lors d'essais de parafoudres de distribution au laboratoire Grande puissance.

PARAFOUDRE ANTIDÉFLAGRANT EN BÉTON POLYMÈRE

Pour satisfaire aux nouvelles exigences de l'entreprise en matière de sécurité, Hydro-Québec s'apprête à remplacer la plupart des parafoudres de son réseau de distribution par de nouveaux parafoudres antidéflagrants.

Les dispositions de la nouvelle norme adoptée par Hydro-Québec sont les plus sévères au monde. En prévision de leur application, nous avons mis au point, à la demande de la direction *Distribution (VPE-CD)* et de concert avec la firme Joslyn Canada, le parafoudre ZQTS, dont l'enveloppe est faite de béton polymère plutôt que de porcelaine.

Environ 500 de ces parafoudres ont été installés cette année dans les régions *Saint-Laurent*, *Richelieu*, *Montmorency* et *La Grande*. Cette phase d'homologation permettra de valider l'appareil en conditions réelles d'exploitation.

Compte tenu des nouvelles normes de sécurité, la mise au point de parafoudres antidéflagrants était devenue impérative, puisqu'il est impensable de laisser les transformateurs sans protection contre les surtensions. Dans un tel cas, les surtensions auraient en effet pu entraîner des pertes de transformateurs estimées à 16 pour 1 000 par année, soit sept fois plus qu'avec une protection adéquate. En limitant les pertes de transformateurs, les nouveaux parafoudres permettront de réduire les risques, en plus de limiter les coupures de service à la clientèle causées par les pannes de transformateurs.

Ontario Hydro, de même que la Belgique, la France et l'Italie, ont été informés des performances du parafoudre antidéflagrant. Des exemplaires ont notamment été expédiés en Italie en vue d'être soumis aux essais de qualification européens.

Appareillage électrique

TRANSFORMATEUR À CIRCUIT MAGNÉTIQUE EN ACIER AMORPHE

La mise au point des prototypes de transformateurs de distribution de 100 kVA à circuits magnétiques en acier amorphe s'est poursuivie cette année. Le projet avait été lancé l'an dernier à l'initiative commune du service *Conception et Exploitation du réseau*, direction *Distribution (VPE-CD)*, et de la société Ferranti Packard.

Le principal avantage de l'acier amorphe réside dans ses faibles pertes fer, qui sont de 3 à 5 fois moindres que celles des aciers au silicium à grain orienté. Cependant, pour obtenir une réduction suffisante des pertes fer, soit des pertes inférieures à 0,20 W/kg à 1,3 T et à 24 °C, il faut surmonter les défis technologiques que posent les caractéristiques physico-chimiques des matériaux amorphes.

Ainsi, nous avons dû mettre au point trois systèmes électromécaniques inédits en vue de manipuler les rubans de 12,8 et de 17 cm de largeur et de les enrouler autour du circuit électrique. Un premier circuit magnétique a été fabriqué et remis à Ferranti Packard, qui se charge pour sa part de la conception et de la fabrication des circuits électriques.

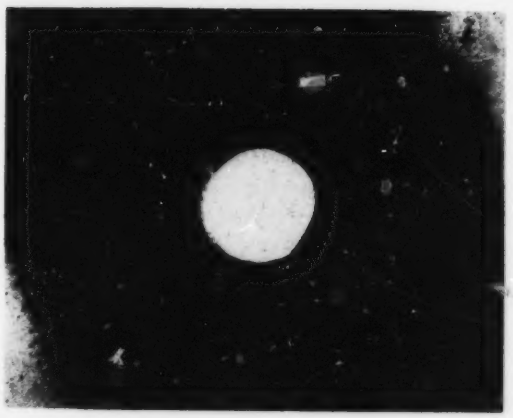
Technologie des matériaux

PROTOCOLE SUR LA QUALITÉ DE L'ONDE CHEZ L'ABONNÉ

Depuis dix ans, Hydro-Québec a consacré plus d'un milliard de dollars à l'amélioration de la qualité du service dans l'ensemble de son réseau. À ce jour, une grande partie des efforts ont porté sur la continuité du service, sans pour autant négliger un autre aspect qui a pris une importance considérable avec l'arrivée des appareils électroniques : la qualité de l'onde de tension.

Hydro-Québec, rappelons-le, s'est engagée à favoriser une utilisation plus rationnelle de l'énergie électrique. À cette fin, on recommande fortement l'emploi de contrôleurs électroniques tels les ballasts électroniques et les systèmes d'entraînement à fréquence variable. Toutefois, ces systèmes peuvent provoquer une distorsion nuisible au bon fonctionnement de certains appareils sensibles en service. C'est donc avec prudence, et en procédant par étapes, que l'entreprise doit promouvoir ces appareils moins énergivores. L'impact réel de ce changement sur la qualité de l'onde doit régulièrement être évalué, mais il n'existe à l'heure actuelle aucune norme permettant de le faire adéquatement. Nous avons donc entrepris, à la demande de la direction *Distribution (VPE-CD)* et de l'Association canadienne de l'électricité, d'élaborer un protocole de mesure de la qualité de l'onde.

Dans un premier temps, le groupe de travail de l'IREQ a déterminé les paramètres qu'il sera utile d'examiner, puis il a dressé un échantillon des tensions en plus de 100 endroits de la province. En 14 de ces endroits, les tensions et les courants ont été enregistrés en régime continu sur une période de 48 heures, ce qui totalise 400 000 millions de valeurs mesurées.



Érosion d'une tôle d'acier par un arc de puissance.

L'analyse de ces données servira à définir les critères minimaux à respecter pour garantir la rigueur des résultats. Lors d'une campagne de mesure, ceux-ci seront mesurés à l'aide d'un instrument peu coûteux que nous mettons actuellement au point. Cinq exemplaires de cet instrument de mesure serviront en 1991 à évaluer la qualité de l'onde en plus de 30 sites du réseau. Il s'agira de la deuxième phase du projet, qui permettra d'optimiser les méthodes d'échantillonnage et de mesure en réseau.

Appareillage électrique

SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'ONDE DE TENSION

Entrepris au début de l'année à la demande de la direction *Distribution (VPE-CD)*, un projet visant à mettre au point un appareil capable d'identifier les problèmes relatifs à la qualité de l'électricité a abouti à la conception d'un prototype. Appelé « perturbographe », ce nouvel instrument de dépannage servira à évaluer et à interpréter les phénomènes perturbateurs qui surviennent dans le réseau de distribution.

Au nombre de quatre, ces phénomènes sont les suivants : un premier type de papillotement caractérisé par de très lentes variations de l'amplitude de la tension, qui peuvent aller d'une fois par seconde à une fois par jour ; un second type de papillotement caractérisé par des modulations d'amplitude se produisant entre une et vingt-cinq fois par seconde ; des distorsions périodiques de la forme d'onde (harmoniques) dont la fréquence peut atteindre 3 000 Hz ; et des impulsions de très courte durée.

Aucun instrument offert sur le marché ne permet de traiter simultanément ces phénomènes. Dans sa version actuelle, le prototype que nous avons mis au point permet d'analyser les harmoniques ainsi que le second type de papillotement, en pondérant les résultats selon une méthode proposée par l'Union internationale d'électrothermie. Les autres fonctions seront adjointes au perturbographe l'an prochain, tandis que l'ensemble du système, disponible sur ordinateur portatif, sera achevé en mars 1992.

Méthodes numériques

ARCS SECONDAIRES

Un défaut d'arc survenant dans la salle de distribution électrique d'un abonné des réseaux de distribution secondaire à 347/600 V peut endommager l'appareillage et la propriété, ou même menacer la sécurité des usagers. À la demande de la direction *Distribution (VPE-CD)*, nous avons entrepris une étude des dommages causés par les arcs de défaut phase-terre, dans une plage de courant de 1 à 16 kA et à des distances interélectrodes de 12,5 à 50 mm.

En ce qui concerne les arcs se produisant entre des électrodes en forme de tige, nous avons observé que l'érosion de chaque électrode (en mm^3/C) est presque toujours identique, quel que soit l'espace entre eux et le courant d'arc ; l'érosion serait plutôt fonction du matériau même des électrodes. En revanche, dans le cas des arcs à configuration tige-plaque, l'érosion de la plaque s'accroît sensiblement après la perforation de celle-ci. Avant la perforation, le taux d'érosion est en effet identique à celui des tiges en acier nu, mais il quadruple aussitôt après.

Pour sa part, la puissance d'arc dans l'air, qui influe directement sur la montée de pression dans l'enceinte, peut atteindre jusqu'à 2 MW pour des arcs de 16 kA d'environ 50 mm de longueur.

Au chapitre des risques d'incendie, les matériaux organiques comprimés comme le contre-plaqué et les composés phénoliques exposés à un arc ont tendance à se décomposer, mais non à s'enflammer. Toutefois, les risques augmentent avec les matériaux qui permettent la circulation de l'air comme le contre-plaqué perforé. Ces recherches visent à cerner tous les facteurs pouvant mener à des déflagrations ou des incendies.

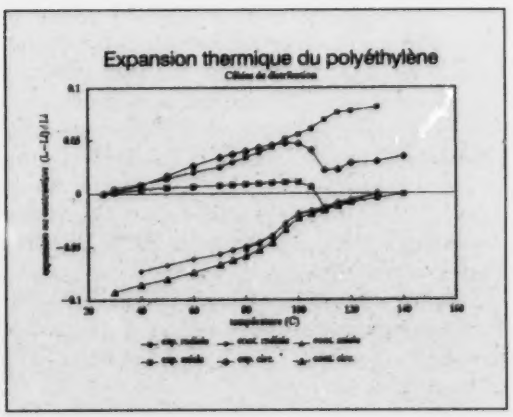
Appareillage électrique

ÉTUDES DE VIEILLISSEMENT DES JONCTIONS DU RÉSEAU SOUTERRAIN

Plusieurs études ont été menées cette année, à la demande du service *Conception et Exploitation du réseau*, direction *Distribution (VPE-CD)*, sur le vieillissement des jonctions de câbles du réseau souterrain de distribution. Victimes de bris fréquents, les jonctions constituent le point faible du réseau. Des études antérieures avaient identifié comme principales causes de ces défaillances le claquage diélectrique aux interfaces, les décharges partielles, les mauvais contacts de connecteurs, la présence d'eau ainsi que les effets électro-thermomécaniques.

Pour leur part, les études en cours visent surtout à déterminer les principaux facteurs du vieillissement. Une fois qu'ils seront connus, il sera possible de réaliser dans les meilleures conditions des essais de vieillissement accéléré afin de simuler la situation réelle. À l'aide d'essais non destructifs, on vise également à prédire la durée de vie résiduelle des jonctions en service. À cette fin, diverses techniques analytiques susceptibles d'apporter de nouvelles connaissances sur l'état des jonctions font actuellement l'objet de tests. Ce dernier volet de l'étude est mené conjointement avec le Département de physique de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Câbles et Isolants



Courbes d'expansion thermique (points ayant des valeurs positives) de petits cubes de polyéthylène réticulé provenant de l'isolant de câbles de distribution ; les valeurs des courbes de contraction sont négatives. Ces courbes, obtenues lors d'un premier cycle de chauffage-refroidissement, montrent le phénomène de « retrait » souvent observé dans les câbles extrudés.

PROTECTION CONTRE LA CORROSION DANS LES CHAMBRES SOUTERRAINES

L'évaluation de différents recouvrements anticorrosifs appliqués dans les chambres souterraines s'est poursuivie cette année à la demande de la région *Saint-Laurent* et de la direction *Distribution (VPE-CD)*. Un protocole d'évaluation spécialement conçu en fonction des conditions de ces chambres a été mis au point et validé. Ainsi, les diverses peintures que soumettent les fournisseurs pourront être évaluées dans des conditions d'exploitation types.

Pour mener le projet à bien, une subvention de recherche au même montant que la contribution d'Hydro-Québec a été accordée par le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie (CRSNG) à l'Université de Sherbrooke, dans le cadre du programme de financement en contrepartie.

Chimie des matériaux

PROTECTION CONTRE L'ARC OCCASIONNÉ PAR UN DÉFAUT INTERNE

De nombreux programmes d'essais visant à accroître la protection des personnes et de l'appareillage ont été menés à bien cette année sur des armoires blindées, des interrupteurs, des éléments d'assemblage de mise à la terre, des parafoudres et des puits d'accès. Pour le compte de divers fabricants, nous avons d'abord effectué (selon la norme EEMAC G-14-1) des essais de résistance à l'arc interne jusqu'à 48 kA, sur trois phases, de l'appareillage sous enveloppe métallique.

À la demande de la direction *Distribution (VPE-CD)* et des régions d'Hydro-Québec, d'autres programmes d'essais, réalisés à des courants triphasés variant de 5 à 18 kA, ont servi à déterminer la durée de la résistance à l'arc interne des interrupteurs au SF_6 à 27 kV.

Pour la même direction, nous avons également mené des essais de tenue au court-circuit sur des installations de mise à la terre ainsi que sur les accessoires utilisés à cette fin, à savoir les pinces, pavés de terre, connecteurs et câbles. En utilisant des courants variant de 8 à 12 kA, nous avons pu vérifier la résistance aux courts-circuits de différents assemblages de mise à la terre.

Toujours pour la direction Distribution, des essais réalisés selon la norme CAN/CSA-C233.1-87 ont servi à vérifier le comportement du dispositif limiteur de pression des parafoudres de distribution soumis à des arcs de défaut interne de 12 kA et 500 A, arcs produits par un fil fusible ou par emballement thermique.

Projet de démonstration d'un système de mesure des courants de foudre dans les réseaux de distribution.

Enfin, des essais d'arc électrique de 4 à 16 kA survenant dans un puits d'accès ont été entrepris pour le service *Appareillage électrique (VPR)* afin de mesurer l'énergie de l'arc, les surpressions, le bruit d'impact, l'échauffement et les projections, ainsi que d'observer le comportement des puits d'accès en béton armé.

Laboratoire Grande puissance

HOMOLOGATION D'INTERRUPTEURS DE DISTRIBUTION TRIPHASÉS À 27 KV

En vue d'homologuer trois types d'interrupteurs, une série d'essais selon la norme ANSI C37.71 ont été entrepris à la demande de la direction *Distribution (VPE-CD)* et des régions d'Hydro-Québec. Nous avons ainsi testé un interrupteur aérien au SF_6 de 600 A, un interrupteur submersible aux mêmes caractéristiques, ainsi qu'un interrupteur de 200 A placé dans l'huile d'un transformateur sur socle.

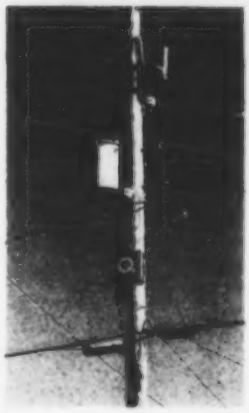
Le processus de validation comportait une grande variété d'essais : essais de coupure de courant de charges principalement actives ; essais de transformateur à vide, de câble à vide, de charge de boucle, de tenue et de fermeture sur court-circuit à 12,5 kA ; essais de tenue diélectrique, de mesures de décharges partielle et d'échauffement ; enfin, manœuvres d'ouverture et de fermeture mécaniques à des températures pouvant descendre jusqu'à -50 °C.

Laboratoire Grande puissance

MESURE DES COURANTS DE FOUDRE EN DISTRIBUTION

D'une année à l'autre, on constate le rôle déterminant que joue la foudre dans les interruptions de service non planifiées. En plus de multiples pannes, le plus souvent temporaires, de graves bris d'équipement peuvent se produire lors des orages les plus forts. En outre, bon nombre de phénomènes généralement associés à la foudre ont des conséquences diverses sur l'équipement de distribution. La nature exacte de certains d'entre eux reste cependant indéterminée : ainsi en est-il des fusibles qui fondent par suite d'une décharge dont le courant met un certain temps à décroître, ou encore des parafoudres qui sont mis hors service par des décharges à front particulièrement raide, laissant les transformateurs sans aucune protection.

Bien que certaines de ces conditions d'exploitation aient été reproduites et analysées en laboratoire, il n'existait à toutes fins utiles aucune méthode simple pour surveiller le comportement des équipements en



réseau. C'est pour combler cette lacune qu'un système d'acquisition de signaux a été mis au point, dont quatre prototypes ont été installés cette année dans la région Laurentides. À compter de 1991, un total de 25 de ces prototypes seront installés dans les régions Saint-Laurent, Laurentides, Richelieu et Montmorency, qui sont les plus touchées par la foudre au Québec. L'expérience devrait se poursuivre pendant trois à quatre saisons de foudre consécutives.

Le système se caractérise par un circuit numérique de mesure et d'acquisition qui, tout en enregistrant l'heure précise de l'événement, accumule les formes d'ondes de courant dont les variations peuvent être plus brèves que la microseconde, ainsi que par un circuit de communication inédit qui donne accès à distance à ces informations par lien téléphonique cellulaire. De plus, le courant du parafoudre et le courant de neutre du transformateur sont enregistrés simultanément. Les circuits électroniques ont été conçus et fabriqués par la firme CPU Design de Québec.

Fruit du travail d'une équipe pluridisciplinaire, ce projet a été mené en collaboration avec la direction *Distribution (VPE-CD)* et la région *Laurentides*.

Lignes aériennes

CARACTÉRISATION DES RACCORDS ÉLECTRIQUES

Malgré les progrès accomplis dans le domaine des contacts électriques, les mécanismes de dégradation des raccords utilisés dans les réseaux de distribution sont encore mal connus. Cette situation n'est pas sans répercussions sur la validité des spécifications techniques, l'utilisation et l'entretien des raccords, ainsi que sur la fiabilité générale du réseau. Compte tenu de l'impossibilité d'établir avec précision le taux de dégradation en service de ces raccords, il est par conséquent difficile de fixer un calendrier d'entretien optimal.

À la demande de la direction *Distribution (VPE-CD)*, nous évaluons donc présentement la fiabilité des raccords utilisés dans les réseaux de distribution. Nous cherchons notamment à améliorer les spécifications techniques et les critères d'homologation de ces raccords. À l'aide d'une méthode de vieillissement accéléré, nous avons ainsi vérifié le comportement d'un certain nombre d'entre eux dans un environnement salin.

Les conditions simulées en essais, qui consistaient en de brefs passages d'un courant de forte intensité suivis de périodes plus longues de refroidissement, étaient suffisamment rigoureuses pour entraîner une dégradation rapide des raccords. Cette méthode pourrait donc remplacer avantageusement celles en usage, plus longues, et permettre de vérifier la conception des raccords proposés par les fournisseurs.

Technologie des matériaux

LIMITE ÉNERGÉTIQUE DES TRANSFORMATEURS DE DISTRIBUTION

Les transformateurs de distribution peuvent dans certaines conditions se rompre lors d'un défaut à l'intérieur de leur cuve. À la demande de la direction *Distribution (VPE-CD)*, nous avons entrepris une étude sur les contraintes mécaniques que peuvent supporter les cuves de transformateurs. Pour définir cette limite de rupture, il faut bien connaître les différents paramètres en cause et les quantifier avec précision.

Ainsi, lorsque la tenue diélectrique du transformateur diminue par suite du vieillissement de son isolation ou d'une forte surtension, il peut se produire un court-circuit interne qui créera inévitablement un arc électrique dans l'huile. La température de cet arc peut atteindre quelques milliers de degrés Celsius et décomposer l'huile en carbone et en différents gaz combustibles. C'est ce phénomène qui entraîne une élévation brutale de pression dans la cuve, qui peut provoquer la rupture de celle-ci et la projection de pièces et d'huile.

Le projet vise donc à analyser ces défaillances et à identifier les points de rupture de la cuve. Il a également pour but d'évaluer la pression interne ainsi que la pression limite que les cuves peuvent supporter sans dommages et sans menacer la sécurité du personnel ou de l'équipement. Il s'agit enfin de déterminer en quels points de la cuve, à quelle amplitude et selon quelles durées de courant la pression est la plus sévère. Plusieurs essais de courts-circuits internes seront exécutés à cette fin au laboratoire Grande puissance sur différents types de transformateurs munis de capteurs de pression.

Le projet servira parallèlement à valider un programme informatique destiné à modéliser les cuves contenant de l'huile et à prévoir par calcul la pression et les ondes de choc. Jusqu'à maintenant, nous avons déjà pu réduire le nombre d'essais nécessaires en prévoyant les types de défauts les plus sévères. Nous pourrons dans un proche avenir prévoir la limite énergétique avant rupture de divers équipements, sans devoir exécuter de longues et coûteuses séries d'essais en laboratoire.

Appareillage électrique
Mécanique

DIFFUSION DU PCP DANS L'ENVIRONNEMENT

En vertu d'un mandat du service *Encadrements des activités d'exploitation (VPE)*, nous avons mis au point un protocole d'analyse de l'impact sur l'environnement du pentachlorophénol (PCP). Cet agent de conservation du bois a été analysé à la fois pour des poteaux nouvellement traités et des poteaux installés en réseau. Pour ce faire, le protocole devait permettre d'extraire aussi bien le PCP que l'huile qui agit comme solvant. Le protocole intégré a permis de quantifier ces deux éléments au moyen d'un seul traitement de l'échantillon. Nous avons ainsi pu déceler la répartition du PCP de la périphérie jusqu'au cœur du poteau échantillonné, ainsi que sur toute la longueur de celui-ci.

Les résultats montrent que l'huile et le PCP se répartissent inégalement selon l'essence du bois et la méthode d'application utilisée. Une analyse d'échantillons de poteaux installés entre 1957 et 1981 indique par ailleurs que la concentration résiduelle des deux produits ne dépend pas de l'âge des poteaux. Ainsi, on a constaté que les concentrations étaient plus élevées dans les poteaux traités en 1957 et 1958 que dans ceux traités récemment.

Chimie des matériaux

Prélèvement d'un échantillon sur un poteau de bois traité au PCP.

Le Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE) a poursuivi ses travaux touchant l'utilisation efficace de l'électricité dans les secteurs industriel, commercial et résidentiel. Une deuxième version de la pompe à chaleur à appoint non électrique (PACANE) a ainsi fait l'objet de travaux de développement, tandis qu'une étude comparative de différents modèles de pompes à chaleur est en cours. Une salle environnementale bi-climatique a été construite en vue d'étudier les possibilités d'économies d'énergie dans les secteurs résidentiel et commercial. Sur le plan industriel, de nombreux projets ont été menés à bien au laboratoire et en usine, notamment dans le domaine du séchage, et deux méthodes de stockage thermique ont été évaluées. En ce qui a trait aux procédés faisant appel aux plasmas, divers travaux ont été menés sur le traitement des poussières des fours à arc, la vitrification des résidus d'incinération, le perçage des trous de coulée et le surfaçage des plaques de granit. Pour leur part, les travaux en chimie et en électrochimie industrielles ont surtout porté sur la fabrication d'éthylène glycol, l'extraction de protéines solubles dans le domaine de l'agro-alimentaire et le recyclage d'acides usés.

Refusion de ferro-manganèse et perçage d'un trou de coulée au moyen de torches à plasma de 80 et de 150 kW. Ces essais ont aussi été réalisés à une puissance de 300 kW.

PLASMAS INDUSTRIELS

Au cœur de nos activités, le transfert technologique vers l'industrie s'est concrétisé cette année de diverses façons. Nous avons poursuivi la mise au point de divers procédés protégés par brevets, identifié des clients potentiels pour les technologies élaborées et, enfin, entrepris des négociations en vue d'ententes et de licences d'exploitation.

Nous avons tout d'abord mis au point un procédé qui permet de traiter les poussières des fours à arc et de récupérer les métaux qu'elles contiennent, et ce sans agglomération préalable. Les poussières sont injectées dans le four à plasma où elles forment un film ruisselant sur la paroi du manchon qui entoure l'arc. Les essais ont été réalisés dans une installation pilote dotée d'un four à 300 kW. Des négociations sont en cours avec un client pour l'implantation d'une usine de 5 MW.

Un procédé de vitrification des résidus d'incinération faisant appel au four à plasma a également été élaboré. Le four permet de fusionner les résidus qui sont ainsi immobilisés. Les résidus à traiter peuvent être pulvérulents ou, au contraire, contenir des morceaux de dimensions variées. Les essais de lixiviation ont montré que notre traitement satisfait aux normes en matière d'environnement. Des négociations ont été entreprises avec plusieurs clients en vue d'exploiter cette technologie.

Nous avons également mis au point un procédé qui fait appel à la torche à plasma pour pratiquer des trous de coulée dans les fours métallurgiques. Ceux-ci sont habituellement pratiqués au moyen de lances à oxygène, au fusil ou à la perceuse. On négocie actuellement une licence de commercialisation.

Nous avons par ailleurs recouru à la torche au plasma pour une autre application : le surfaçage des plaques de granit. Jusqu'ici, on utilisait surtout la torche au propane dont la flamme, moins chaude, ne donnait pas d'aussi bons résultats. Grâce à la très haute température qu'elle permet d'atteindre, la torche au plasma assure une plus grande productivité. Cette torche permet aussi de traiter des plaques de granit plus minces que la torche au propane. Des ententes sont en négociation pour la commercialisation du procédé.

Plasmas industriels

NOUVELLE GÉNÉRATION DE POMPE À CHALEUR À APPOINT NON ÉLECTRIQUE

À la demande du groupe *Marchés québécois*, nous mettons présentement au point une deuxième version de la pompe à chaleur à appoint non électrique (PACANE). La principale innovation de cette pompe à chaleur de seconde génération est d'utiliser, en circuit fermé, un fluide à base de glycol agissant comme caloporteur. On prévoit ainsi qu'en mode d'appoint, la pompe nécessitera moins de 500 W d'appel de puissance.

Au cours de 1991, quatre prototypes de cette nouvelle pompe seront installés chez des clients résidentiels afin d'évaluer son rendement en condition normale d'exploitation. La campagne d'essais devrait prendre fin au terme de l'hiver 1992.

Enfin, en vue de recueillir des données comparatives rigoureuses en ce qui a trait au rendement énergétique, différents modèles de pompes à chaleur seront testés simultanément en conditions normales d'exploitation. À cette fin, nos chercheurs mettent au point une méthode d'essais reposant sur l'utilisation de huttes expérimentales identiques, soumises aux mêmes conditions climatiques. Les essais effectués au cours de l'hiver 1991 permettront de valider la méthode. La seconde partie du programme de recherche consistera à vérifier simultanément le comportement en conditions réelles d'une quinzaine de pompes à chaleur de marques différentes.

Électrotechnologies industrielles

TRAVAUX DANS LE DOMAINE RÉSIDENTIEL

En matière d'économies d'énergie, nous avons accru cette année notre rôle dans les domaines résidentiel et commercial en mettant au point de nouveaux bancs d'essais destinés à répondre aux demandes croissantes du groupe *Marchés québécois*.

Nous avons ainsi entrepris à la fin de l'année la construction d'une chambre environnementale biclimatique. Composée d'une pièce aux dimensions et aux caractéristiques architecturales standard, la chambre environnementale est soumise sur trois de ses six faces (deux murs et le plafond) à des conditions climatiques extérieures rigoureusement contrôlées, pouvant descendre jusqu'à -25 °C. Les trois faces restantes (le sol et les deux autres murs) sont quant à elles soumises aux conditions normales que l'on retrouve dans une habitation.

Une fois mise au point, la chambre environnementale constituera un excellent outil pour identifier et comprendre les facteurs qui déterminent le confort thermique des individus. Elle permettra surtout de quantifier, en conditions normales, les économies d'énergie que procurent divers accessoires domestiques tels que les thermostats programmables et électroniques ainsi que le chauffage par convection et par rayonnement.

Électrotechnologies industrielles

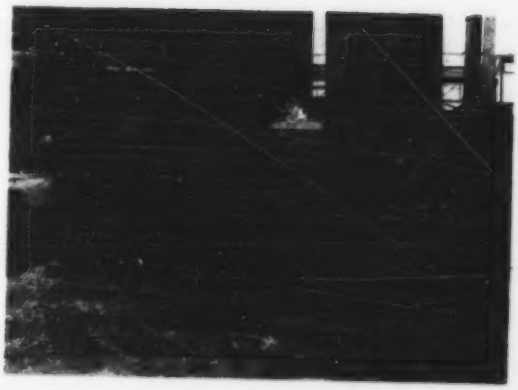
TRAVAUX POUR L'INDUSTRIE

Plusieurs grands projets destinés à accroître l'efficacité énergétique de l'industrie ont été mis en application cette année. Par exemple, les Industries Granirex de Thetford-Mines ont acquis un séchoir infrarouge à granulats de 400 kW que nous avons mis au point. À une échelle plus modeste, la firme Sylvania s'est procuré un four infrarouge à micro-ondes à la suite d'essais de démonstration menés par nos chercheurs.

Au cours de l'année, plusieurs de nos équipements pilotes ont été installés en usine à des fins de démonstration, notamment chez Calcaires Bedford où le rendement énergétique d'un séchoir convoyeur a été comparé à celui d'un séchoir rotatif en place. Un essai de 72 heures consécutives s'est révélé très concluant.

Un autre séchoir pilote à infrarouge a été installé sur la ligne de production de l'usine de la compagnie Hodgest-Ply pour une période de deux semaines, pendant lesquelles la capacité de séchage de l'usine a été accrue de 50 %.

Le séchoir infrarouge de matériaux granulaires (SIRMAG) du LTEE a fait l'objet d'essais sur le site de la société Calcaires Bedford. La granulométrie des agrégats allait de fines particules à des pierres de 5 cm. Un rythme moyen de 3 tonnes à l'heure a été maintenu sans interruption trois jours durant.



Plusieurs essais et démonstrations de moindre envergure ont aussi été effectués dans une cinquantaine d'entreprises désireuses d'économiser l'énergie et d'accroître leur position concurrentielle. Parmi ceux-ci, mentionnons les essais de pasteurisation du lait au moyen d'un chauffe-fluide par induction, menés en collaboration avec le laboratoire STELA de l'Université Laval. Enfin, un dispositif de dimensions industrielles destiné au chauffage de feuilles de plastique, mis au point dans nos laboratoires, a été installé en usine.

Électrotechnologies industrielles

ÉCONOMIE D'ÉNERGIE PAR STOCKAGE THERMIQUE

En vue de quantifier les économies d'énergie qu'il serait possible de réaliser par le stockage thermique, nous étudions présentement deux méthodes d'accumulation de chaleur.

La première a recours à des unités locales de stockage de chaleur sensible tel qu'on en utilise depuis plusieurs années en Europe et, plus récemment, aux États-Unis. Pour étudier le comportement thermique de ces unités, le LTEE s'est doté cet été d'un calorimètre, dont la mise en service est prévue pour le début de 1991. Les essais qu'on y réalisera permettront d'évaluer si ce mode de stockage peut être adapté au contexte québécois.

La deuxième méthode de stockage thermique fait appel à des panneaux de gypse imprégnés d'un matériau à changement de phase, la paraffine. Une campagne de mesures a été entreprise au cours de l'automne sur deux huttes expérimentales et une maison unifamiliale typique revêtue de ces panneaux. Menée en collaboration avec la firme montréalaise Parinova et le laboratoire de la compagnie Domtar, la campagne se poursuivra jusqu'à l'été 1991 et permettra de valider ce mode de stockage.

Électrotechnologies industrielles

ÉLECTROSYNTHÈSE ORGANIQUE

La mise au point et la commercialisation de procédés de fabrication d'éthylène glycol et de produits à haute valeur ajoutée s'est poursuivie cette année, conformément aux ententes conclues entre notre service, le groupe *Marchés québécois* et divers partenaires industriels. D'une durée de trois ans, le programme a été entrepris à la suite d'études prospectives du potentiel de l'électricité dans la synthèse de produits chimiques d'intérêt commercial.

Les travaux, réalisés sur des bancs d'essais de prépilotage, visaient à optimiser l'exploitation des procédés mis au point afin de satisfaire aux critères de viabilité technique et commerciale. Ces bancs sont munis de cellules électrochimiques de type filtre-presse d'une surface d'électrode de 100 et 400 cm^2, ce qui leur permet d'atteindre une densité de courant de l'ordre de 5 kA/m^2. En raison de leur caractère générique, les technologies d'électrosynthèse que nous expérimentons actuellement permettent de fabriquer plus d'une cinquantaine de produits chimiques d'intérêt commercial. Un nouveau procédé de réduction chimique a en outre fait l'objet d'une demande de brevet.

Par ailleurs, nous entreprendrons à l'automne 1991 la démonstration pré-industrielle des procédés mis au point dans une usine pilote dotée d'une cellule électrochimique de 200 kW. Cette usine devrait être achevée de construire en juin 1991 et mise en service au cours de l'été. Parallèlement, nous poursuivons des études économiques et commerciales afin de confirmer les avantages concurrentiels des procédés électrochimiques par rapport aux procédés classiques.

Chimie et Électrochimie industrielles

Banc d'essais de prépilotage pour la mise au point de procédés d'électrosynthèse organique.

SÉPARATION PAR MEMBRANES

Dans le cadre du programme de valorisation des techniques de séparation par membranes, nous avons évalué l'utilisation de l'électrodialyse dans deux secteurs d'activité : l'extraction de protéines solubles dans le domaine de l'agro-alimentaire et le recyclage d'acides usés provenant d'effluents industriels.

Le procédé d'électrocoagulation de protéines que nous avons expérimenté conjointement avec le Centre de recherche en agro-alimentaire de Saint-Hyacinthe permet d'extraire de solutions aqueuses des protéines à grande valeur ajoutée. Le procédé a été expérimenté avec succès sur différents types de protéines comme le soja et la luzerne.

Le rejet des effluents acides constitue par ailleurs un problème environnemental majeur. Des essais ont ainsi été réalisés cette année en vue de démontrer le potentiel de l'électrodialyse dans la régénération des effluents industriels composés d'acides usés. Les résultats obtenus à ce jour sont suffisamment concluants et les essais se poursuivront l'an prochain.

L'année écoulée a également été employée à établir des liens avec divers partenaires industriels québécois susceptibles de recourir aux procédés d'électrodialyse. Généralement d'une grande efficacité énergétique, ces techniques s'inscrivent parfaitement dans la stratégie de conservation de l'énergie d'Hydro-Québec. Afin d'assurer que ces procédés industriels soient disponibles au Québec, nous avons entrepris des pourparlers avec des fabricants de membranes internationaux en vue d'adapter nos efforts de développement à une stratégie globale de commercialisation.

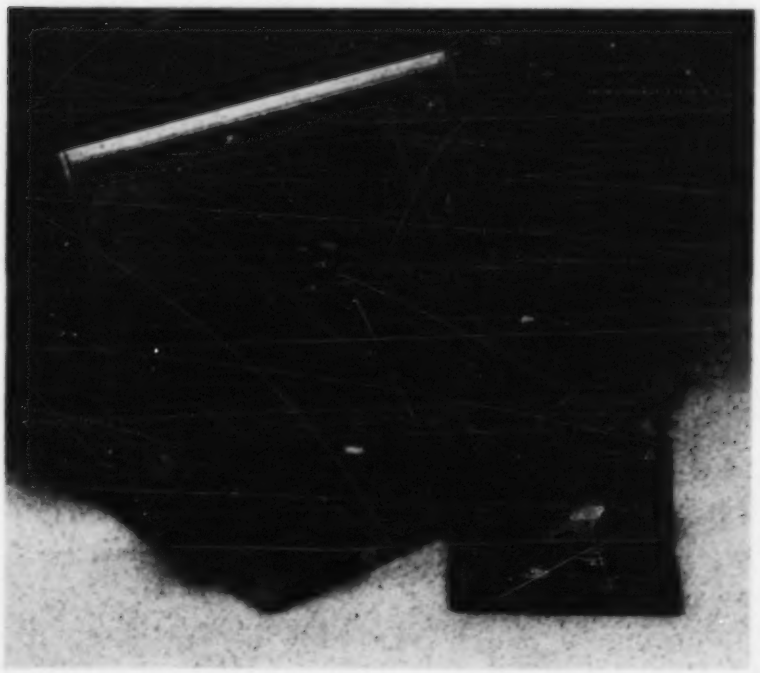
Chimie et Électrochimie industrielles

Une entente a été signée avec la société japonaise Yuasa Battery Co. pour la mise sur pied d'une entreprise mixte, la société ACEP inc. Cette entreprise veillera au développement, à la fabrication et à la mise en marché des nouveaux accumulateurs à électrolyte polymère mis au point dans nos laboratoires. Nous avons poursuivi nos travaux d'évaluation des technologies de destruction des BPC ainsi que le développement de nombreux systèmes experts dans l'entreprise. Les études sur la production et le transport d'hydrogène se sont poursuivies toute l'année tant en Europe qu'au Québec. Nous avons également œuvré à la mise au point d'un système automatisé de refonte des parcours de relève des compteurs.

ENTENTE YUASA - HYDRO-QUÉBEC POUR LA FABRICATION DES NOUVEAUX ACCUMULATEURS ACEP

Hydro-Québec et la société japonaise Yuasa Battery Co. d'Osaka, l'un des plus importants constructeurs de batteries au monde, ont conclu un accord en vue de créer une entreprise mixte appelée ACEP inc. qui veillera au développement, à la fabrication et à la mise en marché des nouveaux accumulateurs à électrolyte polymère, les ACEP. La nouvelle entreprise, détenue à parts égales par les deux partenaires, a amorcé ses activités en janvier 1991 à son siège social de Montréal.

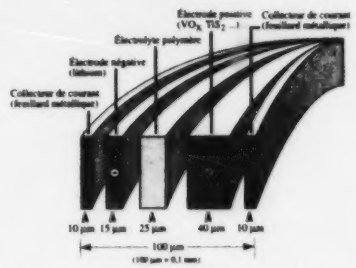
L'entente prévoit d'ici 1993 la construction au Japon d'une première usine de fabrication de petits accumulateurs destinés au marché des appareils électroniques grand public tels que calculatrices, téléphones cellulaires, ordinateurs portables, cartes de crédit ou d'identité à mémoire, jouets, baladeurs, etc. Une seconde usine devrait être construite au Québec vers 1995.



Les accumulateurs à électrolyte polymère (ACEP), qui se prêtent à une foule d'applications électroniques grand public, ont fait l'objet d'une entente de développement industriel et de commercialisation avec la société japonaise Yuasa Battery Co.

ACEP

ACCUMULATEURS À ÉLECTROLYTE POLYMÈRE



Caractéristiques		
Physiques	**Électriques**	**Technologiques**
Épaisseur < 0,1 mm Tout solide Souple Géométries variées Sécurité Non-toxique Primaire ou rechargeable	Énergie à 3 Nickel-cadmium à 5 Plomb-acide Tension adaptée 1,5 à 3 V Gamme de température 10 °C à 100 °C Vie > 1000 cycles profonds Auto-décharge négligeable	Procédés films minces (type ruban magnétique) Automatisation (rapidité, économie) Applications variées: -micro-électronique (mWh) -véhicule électrique (kWh)

Les caractéristiques des accumulateurs ACEP sont radicalement différentes de celles des accumulateurs existants. Ces piles tout solides utilisent en effet des films d'électrodes ultra-minces et un électrolyte polymère, ce qui permet de réduire à 0,1 mm (100 µm) leur épaisseur totale, soit l'équivalent de deux feuilles de papier. Ils sont composés de produits non toxiques et ne présentent aucun risque de fuite ou de corrosion puisqu'ils ne contiennent aucun élément liquide.

En outre, ces accumulateurs font appel à une technologie dite de surface : l'énergie et la puissance voulues sont obtenues par simple accroissement de la surface d'une pile mince de configuration donnée. La gamme de leurs applications va des micropiles utilisées en électronique aux accumulateurs pour véhicules électriques. Leur durée de vie — de 500 à 1 000 cycles avec décharges profondes — est remarquable et leur capacité énergétique par unité de poids est de trois à cinq fois supérieure à celle des accumulateurs au plomb et au nickel-cadmium. La technologie ACEP se prête bien aux procédés industriels simples à haut degré d'automatisation utilisés pour la fabrication de masse.

L'entente vient couronner plus de dix années de recherches à l'IREQ et au LTEE, auxquelles ont collaboré des partenaires extérieurs, notamment la société Elf-Aquitaine et l'Université de Grenoble en France, où a d'ailleurs été mis au point le concept original.

Les travaux se poursuivent en vue de mettre au point des accumulateurs de plus grande taille destinés aux véhicules électriques, un marché envisagé à l'horizon de l'an 2000. Déjà, on a prévu que la première usine sera située au Québec et la deuxième au Japon, avec le même souci d'équilibrer les productions.

Projets de développement
Chimie des matériaux
Chimie et Électrochimie industrielles (LTEE)

TECHNOLOGIES DE DESTRUCTION DES BPC

Dans le cadre de son plan d'action sur la gestion des BPC, Hydro-Québec a poursuivi sa participation à la recherche de technologies mobiles pour la destruction des BPC. Les derniers essais de démonstration d'un incinérateur mobile de la société Vesta Technology ont eu lieu cette année à Swan Hills en Alberta. Ces essais ont été réalisés selon un encadrement d'assurance qualité rigoureux sous la responsabilité générale du ministère de l'Environnement du Canada. Les essais effectués à Swan Hills étaient dirigés par la firme Chem Security (Alberta). Un chercheur du service Câbles et Isolants, qui a développé une expertise dans l'analyse et l'évaluation de la toxicité des sous-produits des BPC, a participé à l'interprétation des résultats obtenus lors de ces essais. Le rapport final est attendu au printemps 1991.

La direction *Approvisionnement* de la région *Saint-Laurent*, de même que les régions *Maisonneuve*, *Richelieu* et *Mauricie*, se sont par ailleurs livrées à des expériences pilotes sur des technologies mobiles de décontamination de transformateurs légèrement ou fortement contaminés aux BPC au moyen de solvants et d'autoclaves. Les expériences se poursuivront au printemps 1991 sur la décontamination de condensateurs par les mêmes techniques.

Au cours de l'année, le groupe TAI a collaboré avec la vice-présidence *Environnement* à la préparation d'un mémoire destiné à la commission québécoise d'enquête sur les déchets dangereux. Enfin, Hydro-Québec a accepté de faire partie d'un consortium comprenant les ministères de l'Environnement du Québec et du Canada en vue de mettre en place un programme d'élimination des déchets de BPC.

Projets de développement
Câbles et Isolants

SYSTÈMES EXPERTS

Évaluation des activités du groupe de travail sur les systèmes experts

L'année écoulée a été consacrée en partie à l'évaluation et à la consolidation du « task force » sur les systèmes experts (TFSE), dont le mandat initial prenait fin le 31 décembre 1990. Les activités du groupe de travail ont ainsi été soumises à l'analyse du Artificial Intelligence Technology Center de la firme Digital Equipment Corp., qui a conclu que sa structure horizontale lui avait permis de regrouper des personnes clés dans tous les secteurs de l'entreprise, ce qui explique sa grande efficacité.

En vertu de son mandat, le Comité directeur du TFSE a lancé et financé de nombreux projets en matière de systèmes experts, organisé des séances de formation de cadres et formé des équipes de travail.

Par suite de ses réalisations, le TFSE s'est transformé d'unité temporaire en unité d'accueil permanente. Jusqu'à maintenant, il formait des équipes pluridisciplinaires avec l'appui de diverses unités administratives. Il accueillera dorénavant, pour des projets précis, des collaborateurs détachés à temps plein par les unités clientes, ce qui lui permettra de mieux planifier ses interventions à long terme. En outre, son mandat est maintenant élargi à tous les domaines de l'entreprise.

Le mandat du TFSE a été révisé afin de concentrer les ressources et les compétences en matière de systèmes experts. Il sera ainsi possible de constituer une masse critique représentative de l'entreprise et de faire connaître la technologie de ces systèmes à l'échelle d'Hydro-Québec.

Cours de formation en ingénierie de la connaissance

Afin de créer dans toute l'entreprise des compétences dans le domaine de l'intelligence artificielle, le TFSE a mis sur pied un cours en ingénierie de la connaissance, en collaboration avec le Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM). De niveau post-universitaire, le cours a été dispensé à une vingtaine de personnes pendant les semestres de l'automne 1989 et de l'hiver 1990. La formation de nouvelles compétences en la matière devrait susciter la création de centres d'intérêts dans toutes les unités administratives concernées. D'autre part, des cours d'introduction à la technologie des systèmes experts ont été donnés à des cadres de l'entreprise.

Les principaux systèmes experts en cours de développement sont les suivants :

LANGAGE

LANGAGE est un logiciel généralisé d'analyse et de gestion des alarmes qui diagnostique les pannes de réseau détectées par les centres d'exploitation régionaux (CER). Il s'agit d'un système polyvalent qui peut s'adapter à tous les CER grâce à une base de données et à un jeu de paramètres. Prototype au début de 1990, le logiciel est maintenant un produit pilote et sera prochainement implanté dans les neuf CER. L'un des rares systèmes experts utilisés en temps réel et l'un des plus perfectionnés au Québec, LANGAGE permettra à Hydro-Québec de franchir un pas significatif vers la qualité totale, notamment en traitant avec rapidité et efficacité les alarmes relatives à la conduite du réseau.

SUBAREX

SUBAREX est un système expert conçu pour évaluer la sécurité des barrages en terre et en enrochement. Mis au point en collaboration avec le Centre de recherche informatique de Montréal, et avec la participation de la direction *Sécurité des barrages (VPRE)*, du groupe *Équipement* et de la région *La Grande*, il utilise des connaissance floues et incomplètes. Pour remédier à ce problème, des méthodes de représentation novatrices ont été mises au point, dont une base de connaissances qui franchit présentement l'étape de la validation.

Le processus d'acquisition des connaissances a donné lieu à des échanges fructueux entre les régions administratives et les spécialistes de diverses disciplines.

TRANSEPT CA/CC

TRANSEPT est un système expert voué à la conception préliminaire de réseaux de transport à haute tension. Alors que le prototype d'origine ne traitait que des réseaux point à point à courant alternatif, le système peut maintenant s'appliquer aussi bien aux réseaux à courant continu qu'à courant alternatif.

L'intérêt du système réside, d'une part, dans son efficacité et sa rapidité et, d'autre part, dans sa capacité de se concentrer sur les aspects fondamentaux de la conception des réseaux de transport. De ce fait, il se prête bien aux améliorations et peut traiter les problèmes les plus complexes. On prévoit lui ajouter prochainement les modules de fiabilité et de coordination de l'isolation des réseaux électriques.

Symposium GIRICO 1990

En septembre dernier, le Groupe inter-universitaire de recherche en informatique cognitive des organisations (GIRICO) a tenu un symposium intitulé « Les systèmes experts au Québec : Bilan et enjeux ». Le groupe de travail a contribué à l'organisation de la rencontre, à laquelle participaient 300 représentants des milieux universitaires et industriels, et y a présenté deux communications.

D'autres communications portant surtout sur les systèmes TRANSEPT et LANGAGE ont été présentées à diverses conférences scientifiques internationales.

Projets de développement

PROJET EURO-QUÉBÉCOIS DE TRANSPORT INTERCONTINENTAL D'HYDROGÈNE

En vertu d'une entente intervenue l'an dernier entre la Commission des communautés européennes et le gouvernement du Québec, l'étude de faisabilité portant sur le transport intercontinental d'énergie sous forme d'hydrogène s'est poursuivie en 1990 des deux côtés de l'Atlantique. Le volet québécois du projet est géré par Hydro-Québec, rôle tenu en Europe par la firme allemande Ludwig-Bölkow-Stiftung (LBS), tandis qu'une vingtaine de partenaires industriels y contribuent par un apport financier ou technique.

Rappelons que le projet est doté d'un budget de 4,2 millions de dollars et porte sur l'évaluation technique et économique d'un cycle complet, soit la production, le transport et l'utilisation de l'hydrogène. L'un des scénarios étudiés envisage de construire une usine d'électrolyse de 100 MW à Sept-Îles, d'où l'hydrogène serait transporté par bateau à Hambourg, centre européen de réception et de mise en marché. Plusieurs méthodes de transport du combustible ont été étudiées, ainsi que diverses possibilités d'utilisation en Europe et au Québec.

Les travaux prévus en 1990 au calendrier de réalisation du projet ont été accomplis par les deux partenaires. Au Québec, le projet a été réparti entre divers groupes de travail en fonction des procédés en cause et de l'expertise des entreprises participantes.

En Europe, plus de dix rapports techniques ont été produits et sont présentement à l'étude. Le modèle d'analyse économique, qui fournira notamment l'analyse des facteurs d'échelle, est en voie d'être achevé. Sur les deux continents, un total de 19 rapports a été produit, la plupart sous leur forme finale, dont 16 rapports techniques de partenaires industriels, 2 rapports préliminaires d'analyse technico-économique et un rapport d'étude préliminaire des impacts potentiels sur l'environnement et la santé publique.

Prévu pour mars 1991, le rapport final de la phase 2 du projet consistera en une synthèse de toutes les études produites et fixera les grandes orientations en matière de choix technologiques et économiques. Présenté cette année à trois conférences internationales et à deux délégations japonaises, le projet entreprendra sa phase 3 après la présentation du rapport final. Selon les orientations retenues, cette étape nécessitera un investissement variant de 500 à 900 millions de dollars.

Projets de développement

AUTOMATISATION DE LA REFONTE DES PARCOURS DE RELÈVE DES COMPTEURS

Les vice-présidences *Développement technologique et Commercialisation* et *Services à la clientèle* ont convenu cette année de recourir à la technologie de la firme GIRO en vue de mettre au point un système automatisé de refonte des parcours de relève des compteurs, une technologie qui sera adaptée au contexte d'Hydro-Québec.

Nous avons d'abord conçu un prototype qui permettra de tester, au début de 1991, les performances du système dans un secteur représentatif, celui des Mille-Îles. Ce prototype servira à planifier l'implantation du système, qui devrait commencer au printemps 1991, dans l'ensemble du territoire desservi par l'entreprise.

Nous avons également procédé à une première évaluation quant à l'opportunité de commercialiser cette technologie à l'échelle de l'Amérique du Nord. Les entreprises visées sont les sociétés de distribution d'électricité ainsi que toute entreprise dont les activités nécessitent de relever la consommation au moyen d'un compteur (eau et gaz).

Projets de développement

L'aménagement et la mise en service du nouveau simulateur de réseaux ont été complétés cette année. Celui-ci a principalement servi aux études du réseau multiterminal à courant continu. Par ailleurs, nos chercheurs ont mis au point divers systèmes de mesure, d'acquisition et de traitement. On peut mentionner le système d'acquisition et de commande LISAC, développé dans le cadre du programme d'essais de câbles CCHT de la traversée sous-fluviale, le nouveau système de mesure du laboratoire Grande puissance de même qu'un logiciel intégré de stockage, de visualisation et de traitement mathématique destiné au système mobile d'acquisition numérique, le SMAN. Nous avons aussi mis au point un système de mesure des décharges partielles dans les transformateurs.

LOGICIEL DE TRAITEMENT DE SIGNAUX POUR LE SYSTÈME MOBILE D'ACQUISITION NUMÉRIQUE

De concert avec le service *Essais et Expertises techniques* de la région *Maisonneuve*, nous avons mis au point un logiciel intégré de stockage, de visualisation et de traitement mathématique des signaux destiné au système mobile d'acquisition numérique (SMAN). Doté d'une interface-usager conviviale utilisant menus et souris, le système s'inspire d'un ensemble de logiciels-outils que nous avions mis au point au préalable.

Le logiciel est destiné aux postes de travail Sun avec système d'exploitation Unix reliés au réseau Ethernet. Grâce aux imprimantes laser et aux logiciels d'édition dont disposent déjà les postes de travail Sun, les analystes de la région Maisonneuve pourront effectuer l'ensemble de leurs activités, de l'acquisition à la rédaction du rapport final, dans un même environnement informatique et sur les lieux mêmes des essais. Le système a récemment fait l'objet d'une utilisation intensive au poste de Radisson.

Le logiciel SMAN (système mobile d'acquisition numérique) permet le traitement mathématique et la visualisation de signaux.

Le logiciel a été doté des interfaces appropriées pour fonctionner avec les principaux programmes de simulation de réseaux. Il est couramment employé par le service Simulation de réseaux et, à l'occasion, par d'autres services du groupe TAI ainsi que par la vice-présidence Planification du réseau. À la centrale nucléaire de Gentilly-2, il sert présentement à visualiser et à traiter les données recueillies en cours d'exploitation.

Mesure et Informatique

MISE EN PLACE D'UN NOUVEAU SYSTÈME DE MESURE AU LABORATOIRE GRANDE PUISSANCE

Dans le cadre du renouvellement des installations d'essais du laboratoire Grande puissance, nous avons conçu un nouveau système de mesure destiné aux trois principales salles d'essais du laboratoire. Toutes les composantes de mesure, d'acquisition et de traitement de signaux ont été mises au point au cours de l'année, et un premier prototype a été fabriqué et mis en service dans l'une des salles d'essais.

Essai type de cyclage thermique effectué sur un câble souterrain à 500 kV c.c. de la traversée sous-fluviale (système LISAC).

Ce premier système de mesure permet d'utiliser simultanément 24 canaux rapides à un taux d'acquisition de 1 million d'échantillons par seconde chacun. L'acquisition se fait en courant continu à 150 kHz avec une atténuation maximale de 3 db. Pour chaque canal, on dispose d'un choix de filtres, d'un convertisseur analogique-numérique de 12 bits et d'une entrée de 0,1 à 1 000 volts crête. La transmission des signaux se fait par fibre optique.

Le système de mesure comprend également, pour chaque canal, une mémoire vive de 12 méga-octets directement adressable depuis le poste de travail. Enfin, un ensemble de logiciels de mesure, d'acquisition et de sélection des signaux a été mis au point pour compléter le système.

Mesure et Informatique

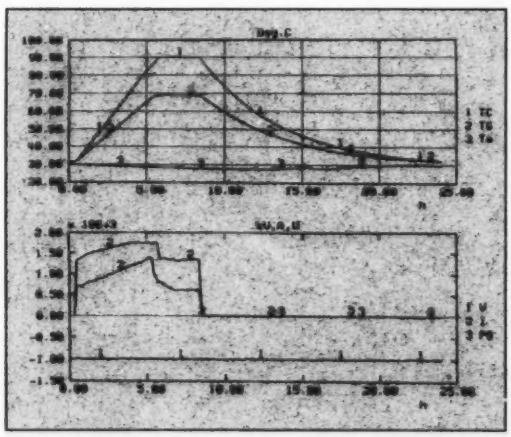
LE SYSTÈME LISAC

Afin de répondre aux besoins du programme d'essais de câbles CCHT destinés à la traversée sous-fluviale, nous avons mis au point un nouveau système d'acquisition et de contrôle, nommé LISAC, qui repose sur un langage interprété spécialisé. Utilisé au cours de l'année pour des essais types au laboratoire Haute tension et des essais de démonstration à l'aire d'essais extérieure, le système LISAC s'est révélé très performant. Sa polyvalence et sa souplesse en font notamment un bon outil de contrôle des procédés lents et répétitifs. Devant ces résultats, un programme de contrôle destiné aux essais de pollution a également été élaboré pour le laboratoire Haute tension.

Pour sa part, le laboratoire Grande puissance a utilisé le LISAC pour des essais cycliques à forts courants sur des raccords ; le système a subi avec succès plus de 375 cycles de 7 heures. Le laboratoire Grande puissance prévoit également utiliser le LISAC pour divers essais dont des essais mécaniques sur un massif de câbles à 315 kV, des essais de batteries et des essais de raccords accélérés. Le système a en outre servi à quelques essais ponctuels sur des transformateurs, et un essai d'acquisition a été mené avec succès sur une sortie d'alternateur alimentée à 18 kA.

La version courante du LISAC, conçue à l'origine pour un ordinateur de type PC-386, a été adaptée au poste de travail Sun. Grâce aux icônes, aux fenêtres et à la souris auxquelles il fait appel, le système est très facile d'utilisation pour le personnel d'essais. On prévoit l'installer dans une demi-douzaine d'aires d'essais des deux grands laboratoires de l'IREQ.

Mesure et Informatique

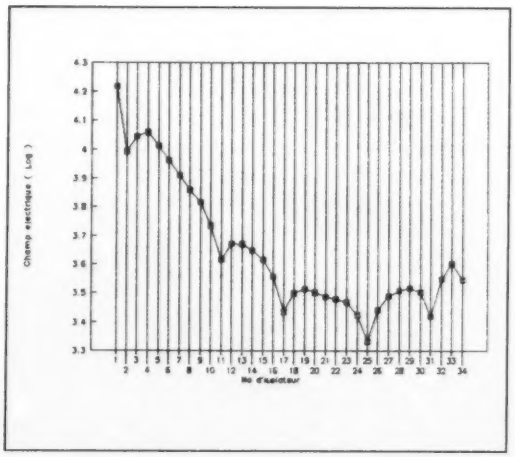


SURVEILLANCE ET ENTRETIEN PRÉVISIONNEL DES ALTERNATEURS PAR LA MESURE DES DÉCHARGES PARTIELLES

Un programme de recherche sur la mesure et l'interprétation des décharges partielles a été entrepris à la demande du service *Équipements de production (VPRE)* en vue d'améliorer la disponibilité des alternateurs. On sait que les décharges sont associées au vieillissement des alternateurs. Par conséquent, on tirerait un meilleur parti de l'équipement en évaluant avec plus de précision sa durée de vie et les périodes d'entretien requises. Cependant, de nombreuses difficultés empêchent de mesurer adéquatement les décharges partielles et d'en faire une interprétation satisfaisante, notamment le bruit ambiant.

À ce propos, nos recherches ont abouti cette année à la mise au point d'un système de mesure dont la fiabilité est assurée par de nouveaux capteurs de décharges partielles qui éliminent les bruits de fond. Plusieurs équipements du complexe Manic-Outardes, des centrales LG-2, LG-3 et LG-4, ainsi que de la centrale de Beauharnois, ont été dotés du nouveau système. Les progrès accomplis en matière d'installation, de calibration et de rejet du bruit de fond devraient faciliter considérablement l'interprétation des spectres de décharges dans les alternateurs. Cette étape du programme sera réalisée en 1991-1992.

Câbles et Isolants



Courbe de distribution du champ électrique le long d'une chaîne d'isolateurs obtenue au moyen de la sonde de détection mise au point dans nos laboratoires. Les creux indiquent la présence d'isolateurs perforés.

MISE EN SERVICE DU NOUVEAU SIMULATEUR DE RÉSEAUX

Le nouveau simulateur de réseaux mis en service cette année a été utilisé au-delà de toutes les prévisions. Au total, sept aires d'essais ont permis d'effectuer diverses études pour autant de clients d'Hydro-Québec. Trois d'entre elles ont servi à simuler fidèlement tout le réseau à 735 kV d'Hydro-Québec, le réseau à courant continu de Radisson-Sandy Pond, les compensateurs statiques, ainsi qu'une partie du réseau de la Nouvelle-Angleterre, le tout aux fins des études du réseau multiterminal à courant continu.

Ces trois aires d'essais, qui peuvent être utilisées aussi bien indépendamment que conjointement, selon les besoins, sont dotées d'un système conçu à l'IREQ qui permet d'enregistrer simultanément plus de 600 signaux, lesquels sont accessibles depuis toutes les stations de travail du laboratoire.

La conception des contrôles et de la protection des nouveaux compensateurs destinés au poste Chamouchouane a été vérifiée à une quatrième aire d'essais, tandis qu'une cinquième servait à analyser l'effet de l'installation de condensateurs série sur les surtensions transitoires des barres des disjoncteurs à 735 kV.

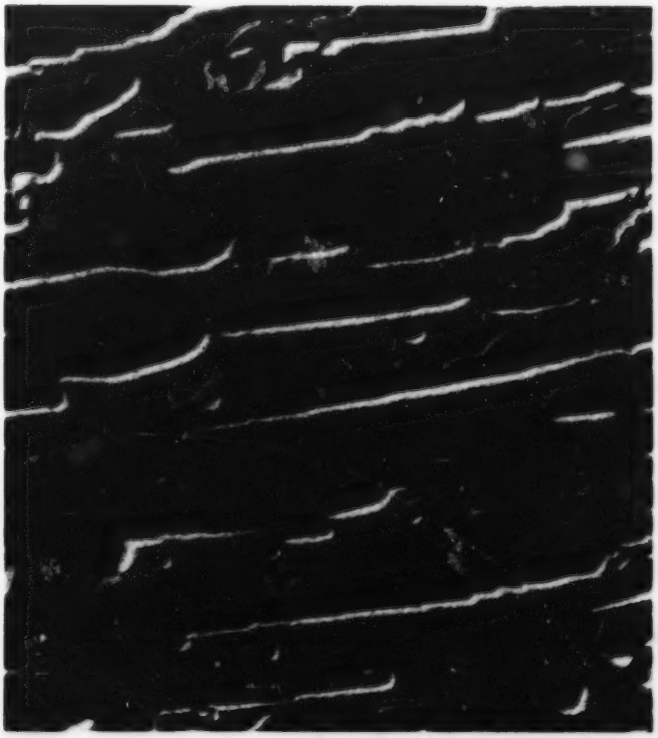
La sixième aire d'essais, qui peut simuler en détail une deuxième configuration du réseau à 735 kV d'Hydro-Québec, permettra quant à elle d'évaluer l'impact des condensateurs série sur la stabilité des compensateurs statiques. Enfin, la septième aire est vouée aux études de protection et dispose notamment d'un système, conçu par notre service, qui repasse les formes d'ondes préenregistrées afin de compléter la vérification des relais.

Le simulateur de réseaux d'Hydro-Québec constitue un outil unique en raison de sa conception, de sa souplesse et de sa puissance, propriétés qui lui permettent d'être utilisé par plusieurs équipes à la fois et de simuler avec une grande précision des réseaux très complexes.

Simulation de réseaux

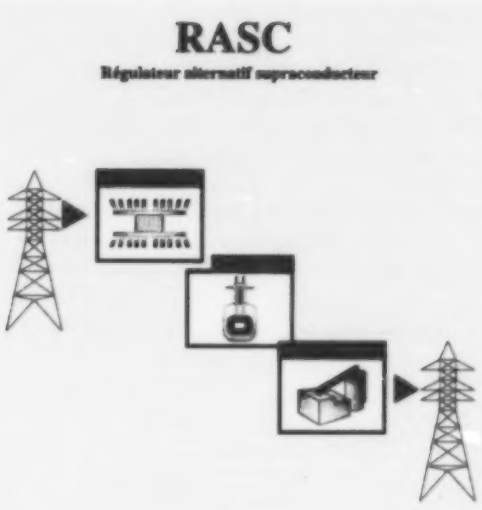
La mise en service du nouveau simulateur de réseaux a été complétée cette année.

Supraconductivité, fusion thermonucléaire, production d'hydrogène, accumulateurs pour la traction, télérobotique : autant de filières à long terme que nos équipes de recherche ont explorées en 1990. Ainsi, nous avons entrepris une étude de l'impact des régulateurs alternatifs supraconducteurs sur la stabilité du réseau. Nous avons également continué de participer au Consortium sur la technologie des supraconducteurs qui a connu une première année très fructueuse, notamment en ce qui concerne les procédés de texturation et de fabrication des conducteurs. Dans le domaine de la fusion, le tokamak a été remis en service à la mi-année, équipé de nouvelles bobines internes servant à créer une configuration de déflecteur magnétique ; le programme de recherche scientifique a repris sur des perspectives très prometteuses. Par ailleurs, deux projets de recherche sur les matériaux d'électrolyse pour la production d'hydrogène ont été lancés, tandis que nous poursuivions nos travaux sur les accumulateurs ACEP applicables à la traction électrique. En télérobotique, la mise au point de systèmes de commande et de vision, de même que la conception de divers outils, ont fait l'objet d'efforts soutenus.



Microstructure texturée d'un supraconducteur céramique à température critique de 92 K. [Photo : Institut des matériaux industriels]

Un régulateur alternatif supraconducteur (RASC) a été modélisé et a fait l'objet d'études technico-économiques.



MODÉLISATION D'UN RÉGULATEUR ALTERNATIF SUPRACONDUCTEUR

Avec l'appui de la vice-présidence *Planification du réseau*, nous avons entrepris une étude touchant l'implantation de régulateurs alternatifs supraconducteurs (RASC) et l'effet de ceux-ci sur la stabilité transitoire du réseau. Le RASC jouerait un rôle semblable à celui d'un compensateur statique avec l'avantage supplémentaire de permettre des échanges de puissance active. Il s'agit en quelque sorte d'un régulateur de tension doublé d'un régulateur de puissance transitée.

On estime qu'un RASC serait plus performant qu'un compensateur statique grâce à cette capacité d'échange de puissance active avec le réseau. Fondamentalement, il s'agit d'utiliser une bobine supraconductrice pour absorber et stocker l'énergie. Une liaison c.a./c.c. utilisant la commutation forcée contrôle les échanges de puissance active et réactive. La supraconductivité élimine les pertes résistives dans les bobines, assure un temps de réponse très rapide et une réversibilité quasi parfaite des échanges d'énergie.

La bobine supraconductrice est constituée de filaments en alliage de niobium-titane de 4 microns de diamètre enrobés dans une matrice de CuNi pour former des brins, lesquels sont tressés en câbles. Les câbles sont enroulés en bobines, et ces dernières sont agencées en tores. La mise en série d'un certain nombre de tores permettrait de construire un régulateur alternatif supraconducteur de 300 MJ, 300 MVA, soit un rapport MVA/MJ adapté aux besoins du réseau.

Plusieurs études sont prévues dans le cadre de ce projet en vue d'établir la fiabilité et la rentabilité de cette technologie. Ainsi, en collaboration avec le service *Réseau principal (VPPR)*, nous avons entrepris la modélisation d'un RASC faisant appel à un accumulateur magnétique supraconducteur d'énergie (AMSE). Le modèle a été conçu et validé pour le logiciel d'étude de stabilité transitoire ST600 qu'utilise Hydro-Québec dans ses études de planification de réseau. D'une façon générale, les caractéristiques du modèle sont inspirées des modèles de compensateurs statiques actuellement implantés sur le ST600.

La structure du modèle est basée sur une source de courant dont l'amplitude et la phase sont contrôlées pour ajuster les puissances actives et réactives du RASC. D'une grande souplesse, cette structure a permis de mettre au point trois sous-modèles de complexité variable. Le modèle lui-même est également très souple, notamment en ce qui a trait à l'ajustement (paramètres de réglage) et à l'analyse (variables de rapport).

Ce modèle sera utilisé pour évaluer l'effet de l'implantation de RASC aux meilleurs emplacements du réseau d'Hydro-Québec, selon la configuration prévue pour 1996. Des études de stabilité transitoire permettront ensuite de déterminer si le RASC peut éliminer les compensateurs statiques et alléger la compensation série, tout en assurant une stabilité égale ou supérieure. Cette étude devrait être achevée en juin 1991.

Nous avons par ailleurs entrepris d'étudier le potentiel de cette technologie sur le marché nord-américain. Si les études de stabilité sont concluantes, on envisage de créer un partenariat avec un groupement de sociétés industrielles maîtrisant les technologies requises pour construire un prototype d'unité modulaire d'une capacité de 22 MJ et 10 MVA. Certains partenaires gouvernementaux pourraient se joindre au projet, notamment le Fonds de développement de la technologie du Québec et le ministère de l'Industrie, des Sciences et de la Technologie du Canada.

Projets de développement
Technologie des matériaux
Méthodes numériques

TRAVAUX SUR LA SUPRACONDUCTIVTÉ

Le Consortium sur la technologie des supraconducteurs formé d'Hydro-Québec, de L'Énergie Atomique du Canada et de la firme Les Câbles Canada a connu une première année très productive. Un procédé de texturation des conducteurs a d'abord fait l'objet d'un brevet qui permettra de fabriquer plus rapidement ce type de conducteur. On envisage également le dépôt d'un second brevet concernant un procédé de fabrication de conducteurs à très haute densité.

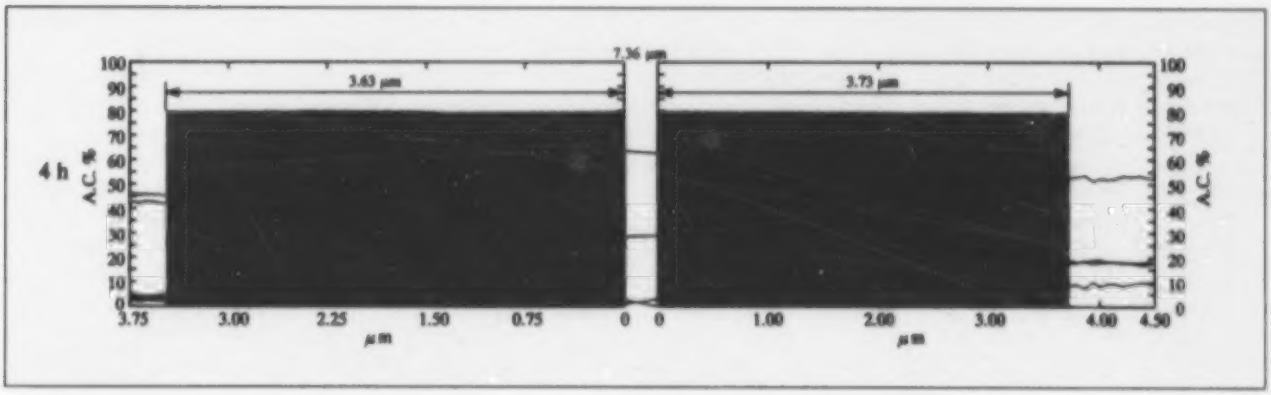
Plusieurs techniques de fabrication de fils et de rubans ont été évaluées. Des échantillons massifs ont aussi été produits dont plusieurs se sont révélés prometteurs, offrant notamment d'excellentes propriétés intrinsèques : température critique de 92 K, densité de courant critique intra-grain de 10 kA/cm² à 77 K et O tesla. Certains échantillons de fil gainé ont présenté pour leur part une densité de courant critique de transport supérieure à 1 kA/cm². D'autres procédés de texturation sont actuellement à l'étude en vue d'augmenter la densité de courant critique. L'objectif visé est de 10 kA/cm² dans un champ de 1 tesla.

Par ailleurs, des contrats de sous-traitance ont été signés avec l'Institut des matériaux industriels, l'École polytechnique de Montréal et l'Université de Sherbrooke. Ces ententes fourniront au Consortium l'expertise et les connaissances nécessaires pour lui permettre d'atteindre ses objectifs.

D'intenses recherches ont été menées sur l'identification de nouvelles phases du YBaCuO et du BiSrCaCuO dérivées par le broyage mécanique prolongé. Deux étudiants de l'université McGill et de l'École polytechnique ont participé à ces travaux et terminé ainsi une maîtrise sur le sujet.

Plusieurs communications ont été soumises à des revues scientifiques ou présentées lors de congrès. Nous avons aussi entretenu et développé un réseau scientifique de collaboration avec les universités de Cambridge, du Wisconsin et d'Ottawa, ainsi qu'avec le Laboratoire national de Brookhaven, le NIST de Boulder, etc.

Technologie des matériaux



Réaction interfaciale (ségrégation du baryum) entre un supraconducteur et sa gaine métallique.

ACTIVITÉS EN TÉLÉROBOTIQUE

Le projet visant à mettre au point un environnement de télérobotique, mené en collaboration avec l'université McGill et le Centre de recherche informatique de Montréal, s'est poursuivi cette année avec la mise en service d'un contrôleur et d'un simulateur, nommés respectivement Kali et Kaligraphe, d'un poignet de force et d'un pantin de commande pour le robot du laboratoire. D'ici à la fin de l'année, celui-ci devrait être en mesure d'accomplir diverses séquences de tâches programmées à son intention.

Par ailleurs, nous avons intégré un système de vision à l'environnement concerné. Pour optimiser les résultats, nous avons conçu un lien série-parallèle entre le nouveau contrôleur du robot et une station de travail.

L'équipe de robotique a également participé à l'élaboration du système de télémanipulateurs de la direction *Distribution (VPE-CD)* en offrant son assistance technique à l'évaluation des propositions et au développement proprement dit. Nous avons de plus collaboré à la mise au point de l'isolation du télémanipulateur et d'un outil destiné à retirer les fils d'attache. Divers essais ont été réalisés en vue d'analyser la performance des systèmes de vision stéréoscopique qui permettront éventuellement au monteur de faire fonctionner le système à partir du sol.

Enfin, nos liens avec les universités ont contribué à la mise au point d'un logiciel de vision numérique nommé OASIS, destiné à analyser et à segmenter les images de surface, d'un crochet universel pour la saisie des objets et d'une selle de poteau contrôlée par télémanipulateur ; deux thèses de maîtrise en vision numérique ont également été déposées.

Électronique

FUSION MAGNÉTIQUE

Encadrées depuis 1988 par le Centre canadien de fusion magnétique (CCFM), les recherches d'Hydro-Québec en ce domaine ont continué cette année encore de s'articuler autour de l'exploitation des installations du tokamak de Varennes. Mis sur pied conjointement par Hydro-Québec, L'Énergie atomique du Canada et l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), le CCFM est une société autonome dont l'effectif totalise aujourd'hui quelque 90 personnes provenant de plusieurs organismes dont Hydro-Québec, l'INRS, Les Technologies MPB et Canatom. L'expertise scientifique du CCFM s'est donc enrichie au fil des ans, à l'image de sa contribution au développement de la fusion, une source d'énergie aussi nouvelle que prometteuse dont l'impact sur l'environnement est faible.

Au cours de l'année, le mérite et le succès du programme scientifique du CCFM ont été confirmés par une augmentation de 40 % de son budget, qui atteint maintenant 14 millions de dollars. La plus grande partie de ce budget provient d'Hydro-Québec et du gouvernement du Canada.

Remontage et mise en service

Après avoir été démonté en 1989 pour permettre l'installation de nouvelles composantes, notamment des bobines internes servant à créer une configuration de déflecteur poloïdal et à faciliter l'asservissement rapide de la position radiale du plasma, le tokamak de Varennes a été remonté au début de cette année. Fabriquées à l'atelier mécanique de la vice-présidence *Laboratoires*, ces bobines de conception délicate ont été installées de pair avec deux nouveaux dispositifs d'alimentation électrique de puissance, l'un visant à commander l'asservissement de la position, l'autre à appliquer des courants de polarisation au plasma.

Parallèlement à la modification du tokamak, d'importantes améliorations ont été apportées aux systèmes diagnostiques afin d'accroître la précision des mesures et l'efficacité des programmes expérimentaux. Une période intense d'exploitation et de rodage a suivi, et les premiers plasmas ont été produits en juin. Le programme de recherche scientifique a quant à lui débuté à l'automne.

Contributions scientifiques

Les premiers essais du déflecteur, réalisés en septembre, se sont révélés très concluants, compte tenu de la complexité de cette configuration et des espoirs qu'elle a suscités. Il s'agit également d'une importante étape vers la planification à long terme du programme de recherches du tokamak de Varennes. En effet, le déflecteur a produit les résultats escomptés en ce qui a trait à la réduction des impuretés dans le plasma.

Par ailleurs, une série d'essais a été réalisée sur un nouveau matériau pour les parois d'un tokamak, le graphite boronisé, pour lequel un limiteur a été fourni dans le cadre d'un projet mixte de la firme japonaise Toyo Tanso et de l'University of California at Los Angeles. Très satisfaisants, les premiers résultats des essais ont retenu l'attention des participants à divers congrès scientifiques tenus à l'automne. Ils seront analysés plus à fond en 1991.

Une importante partie des recherches expérimentales a été consacrée à mesurer l'effet de la polarisation du plasma sur les propriétés et le confinement de celui-ci. Pour ce faire, le tokamak a été muni de limiteurs et de plaques de neutralisation isolés de la masse qui permettent, à la fois, de mesurer les courants circulant dans les nouvelles composantes situées près du plasma, et de procéder à des injections de l'extérieur.

L'équipe du CCFM a découvert que cette configuration unique de polarisation et de déflecteur magnétique permet de contrôler les impuretés du tokamak d'une façon qu'on ne soupçonnait pas. Des expériences plus poussées seront menées afin de mieux comprendre les mécanismes fondamentaux et de valoriser cette importante contribution à l'échelle internationale.

Les chercheurs-théoriciens du CCFM ont par ailleurs poursuivi leurs travaux reliés aux activités expérimentales. Parmi leurs contributions, mentionnons l'analyse théorique et l'interprétation des résultats expérimentaux, généralement effectuées au moyen de modèles informatisés.

Parmi les autres activités du CCFM en 1990, notons enfin l'affectation de deux chercheurs au projet multinational ITER dont le groupe de travail est stationné à Garching, en Allemagne. Établis en Europe depuis 1989, ces deux chercheurs ont notamment contribué à la conception du réacteur à fusion qui est l'objet du projet, dont la construction est prévue pour le début du prochain siècle. Le CCFM et les établissements qui lui sont associés ont profité d'importantes retombées de leur contribution sous forme de contrats d'étude dans les domaines où leur expertise a servi au développement de ce projet d'envergure.

Fusion - CCFM

PROJETS DE RECHERCHE COFINANCÉS PAR LE CONSEIL DE L'INDUSTRIE DE L'HYDROGÈNE

Le Conseil de l'industrie de l'hydrogène, un organisme qui regroupe les principaux intervenants dans ce domaine au Canada, participe pour une période de deux ans au financement de deux projets de recherche portant sur les matériaux utilisés pour l'électrolyse.

La première étude touche le comportement des revêtements semi-conducteurs des électrolytes solides utilisés dans la technique d'électrolyse réversible à très haute température (800 à 1 000 °C). Celle-ci permet, au moyen d'un même dispositif, soit d'obtenir de l'hydrogène, soit de produire de l'électricité à partir de l'hydrogène. Les travaux portent plus précisément sur la production de couches minces d'oxydes métalliques — les pérovskites et, plus particulièrement, les lanthanates — ainsi que sur leurs propriétés de transport ionique et électronique. On étudie notamment la technique de la pulvérisation cathodique qui consiste à déposer le matériau de revêtement sur l'électrolyte dans une atmosphère raréfiée en argon et en oxygène.

Positionnement des bobines internes du tokamak de Varennes.

Le second projet consiste à mettre au point et à caractériser des matériaux d'anodes plus stables et plus performants pour l'électrolyse de solutions aqueuses alcalines. On estime qu'à moyen terme, il sera économiquement avantageux de produire de l'hydrogène à partir de ces solutions, à condition toutefois que les électrolyseurs puissent fonctionner à des densités de courant beaucoup plus élevées qu'à l'heure actuelle. Dans cette perspective, l'emploi de nouveaux matériaux catalytiques pour le dégagement d'oxygène et l'augmentation de la température de fonctionnement des électrolyseurs constituent deux voies prometteuses. Les procédés électrochimiques servant à déposer les matériaux et à modifier la surface des anodes sont à cet égard particulièrement intéressants.

Chimie des matériaux

AUTRES TRAVAUX DANS LE DOMAINE DE L'HYDROGÈNE

Trois études de coûts portant sur diverses utilisations de l'hydrogène ont été réalisées au cours de l'année. La première consistait à comparer les coûts de production de l'hydrogène par électrolyse avec ceux du reformage du gaz naturel. On a également étudié les coûts de différents modes de stockage de l'électricité au moyen de l'hydrogène, de même que ceux du transport sur de longues distances de l'énergie électrique sous forme d'hydrogène. Ces études ont démontré que l'hydrogène utilisé comme vecteur d'énergie n'est pas rentable à l'heure actuelle. De nombreuses améliorations devront être apportées à cette technologie pour qu'elle atteigne son seuil de rentabilité.

Par ailleurs, deux thèses de doctorat dans le domaine des matériaux et des mécanismes de réaction du dégagement de l'hydrogène ont été soutenues avec succès au Département de chimie de l'Université de Sherbrooke. Ces travaux avaient été dirigés conjointement par un professeur de l'université et un chercheur de notre service.

Chimie des matériaux

CONTRAT DE RECHERCHE POUR L'APPLICATION DES PILES ACEP À LA TRACTION ÉLECTRIQUE

L'équipe de recherche sur les accumulateurs à électrolyte polymère (ACEP) a obtenu un contrat de 400 000 $ pour effectuer des travaux sur l'application des piles ACEP à la traction électrique des véhicules. D'une durée de deux ans, ce contrat a été accordé par les ministères des Transports du Canada et du Québec en vertu de l'entente intergouvernementale sur le développement des transports. Il fait partie d'un projet global d'un million de dollars.

Les travaux s'inscrivent dans la foulée des recherches entreprises il y a une dizaine d'années en vue de mettre au point des accumulateurs tout solides dont les électrodes sont formées de minces couches de lithium et de composites divers, et dont l'électrolyte est composé de matériaux polymères. (Voir l'article en page 44.)

Le projet ACEP-Traction comprend trois volets scientifiques et techniques. Le premier d'entre eux consiste à identifier, à caractériser et à optimiser les matériaux d'électrodes tels le lithium, les oxydes de vanadium et de manganèse et le sulfure de titane, ainsi qu'à synthétiser et à caractériser de nouveaux polymères pouvant servir d'électrolytes à des températures variant de 60 à 100 °C. Au deuxième volet, on effectuera des essais de cyclage reproduisant les profils de décharge subis par un accumulateur de traction afin d'en évaluer le comportement dans des conditions ordinaires et extrêmes ; ces essais conduiront à une définition préliminaire de la configuration d'une pile de taille appréciable — plus de 200 Wh — adaptée aux exigences de la traction. Enfin, le dernier volet consistera à évaluer les technologies de fabrication industrielle des matériaux en couches minces ainsi que les méthodes d'assemblage des piles. Au terme du projet, il sera donc possible de réaliser des prototypes de présérie, ce qui constitue l'étape suivante de ces travaux de recherche-développement et de démonstration.

Chimie des matériaux

ACTIVITÉS COMMERCIALES

Comme par les années passées, plusieurs ententes commerciales ont été conclues en vue de la mise en marché de divers produits mis au point dans l'entreprise. Ainsi le système de logiciels M3I, un système de gestion des pannes sur micro-ordinateur, a été acheté par la ville de Los Angeles et une filiale a été mise sur pied pour sa commercialisation. Nous avons acquis une importante partie du capital-actions de la firme Ultra-Optec et conclu avec celle-ci un accord de licences touchant quatre appareils de mesure et de détection. Nous avons également acquis une participation financière dans la société Automatisation Famic qui commercialisera deux systèmes de conduite et de téléconduite destinés respectivement aux postes et aux centrales, les systèmes ALCID et SICC. Enfin, deux nouveaux logiciels ont fait l'objet d'un accord de commercialisation avec Vibro-Meter, une filiale d'Hydro-Québec.

Le système de logiciels M3I, un sytème de gestion des pannes sur micro-ordinateur, a été acquis par la ville de Los Angeles et une filiale a été mise sur pied pour sa commercialisation.

COMMERCIALISATION DU SYSTÈME M3I ET MISE SUR PIED D'UNE FILIALE

Le système de logiciels M3I (Management interactif et instantané des images) a fait l'objet cette année d'un important contrat. Le Los Angeles Department of Water and Power (LADWP) de la Californie a en effet acquis ce système de gestion des pannes qui permet d'informatiser sur micro-ordinateur les fonctions d'exploitation d'un réseau de distribution. Connu auparavant sous le nom de CED-Micro, le système a été mis au point conjointement par la région *Saint-Laurent* et le groupe TAI dans le cadre d'un projet pilote.

Le contrat a été obtenu à la suite d'un accord conclu l'an dernier avec la même société concernant l'implantation d'un prototype de gestion des pannes. Livré en début d'année, ce prototype a servi à vérifier la fiabilité du système. Le LADWP a par la suite invité une douzaine de sociétés nord-américaines, dont Hydro-Québec qui a remporté la mise, à soumissionner en vue de la conception, de l'implantation et de l'entretien d'un système ETS *(Electric Trouble System)* pour l'ensemble de son réseau.

Dès la conclusion de l'accord, Hydro-Québec a créé une filiale — Systèmes M3I inc. — pour mener à bien le projet. Rattachée à Nouveler, elle-même filiale d'Hydro-Québec, la nouvelle entreprise veillera à développer et à commercialiser des systèmes informatisés destinés aux centres d'exploitation de distribution d'entreprises d'électricité ou d'autres services publics responsables du téléphone, du gaz ou de l'eau potable. La filiale vise des ventes d'une vingtaine de millions de dollars par année à moyen terme. L'Amérique du Nord est sa première cible, mais elle entend profiter des démarches commerciales déjà amorcées par le groupe TAI en Europe et en Asie.

Bureau de commercialisation
Projets de développement

ACQUISITION D'UNE IMPORTANTE PARTIE DU CAPITAL-ACTIONS D'ULTRA OPTEC

. Par le biais de sa filiale Nouveler, Hydro-Québec a acquis cette année une importante partie du capital-actions de la firme Ultra Optec. Cette entreprise de Boucherville fabrique et commercialise divers appareils faisant appel aux technologies laser, ultrasons, optiques et électroniques, en plus de développer des logiciels de traitement de signaux et d'imagerie.

Ultra Optec œuvre également à divers projets de recherche-développement dans les domaines du laser-ultrasons et de l'optique, en collaboration avec l'Institut des matériaux industriels de Boucherville, une constituante du Conseil national de recherches du Canada (CNRC).

La participation d'Hydro-Québec permettra de fabriquer et de commercialiser des instruments et des appareils de mesure, de détection et de vérification mis au point à l'IREQ ou dans d'autres unités de l'entreprise.

Conformément à l'entente intervenue entre les deux entreprises, Hydro-Québec a accordé des licences de fabrication et de commercialisation touchant quatre appareils : un détecteur de décharges partielles, un microhmmètre, un identificateur audio de câbles et un téléphaseur. Ces appareils seront mis sur le marché en 1991. De nouvelles ententes seront conclues prochainement sur d'autres technologies mises au point à Hydro-Québec.

Bureau de commercialisation

COMMERCIALISATION DES SYSTÈMES SICC ET ALCID

Une licence a été accordée en décembre dernier à la firme Automatisation Famic, de Saint-Laurent, touchant la commercialisation des systèmes SICC et ALCID. Par l'intermédiaire de sa filiale Nouveler, Hydro-Québec prenait du même coup une participation au capital-actions de cette société.

Le développement des systèmes SICC et ALCID est lié à l'accroissement de la puissance et de la complexité du réseau électrique d'Hydro-Québec, qui a entraîné des exigences accrues en ce qui a trait à la conduite des postes et des centrales. Ainsi, le nombre de données à recueillir et de fonctions à assumer n'a cessé d'augmenter au fil des ans. Aux appareillages qui assurent les fonctions de conduite régulière (mesure, commande et protection), d'autres se sont ajoutés, indispensables à une conduite et à une surveillance plus

efficaces (enregistreur chronologique d'événements, annonciateur, automatismes locaux). De même, la téléconduite du réseau, que ce soit au niveau des centres d'exploitation régionaux (CER) ou du centre de conduite du réseau (CCR), s'est faite de plus en plus exigeante.

L'ajout de ces nouvelles fonctions a sensiblement compliqué l'installation et la gestion des systèmes de conduite, ce qui a incité Hydro-Québec à mettre au point un système de conduite informatisé qui serve à la fois aux postes et aux centrales.

Parallèlement aux activités de commercialisation, le développement et l'implantation de ces systèmes se sont poursuivis au sein de l'entreprise. Ainsi, au cours de l'année, le groupe *Équipement* a mis en service sur le réseau le système ALCID (automatismes locaux et conduite par intelligence distribuée), qui sert à la conduite et à la téléconduite des postes en temps réel, ainsi que le SICC (système informatisé de conduite en centrale), son équivalent pour les centrales. Ces systèmes sont nés de l'application des technologies les plus récentes en matière de micro-informatique et de communication. Ils intègrent dans une même structure toutes les fonctions de conduite, à l'exception de la protection. Ces fonctions comprennent l'acquisition des alarmes, la surveillance et la manœuvre des appareils, le mesurage, le réglage de grandeurs physiques, les automatismes de réenclenchement, de rétablissement de service, de permutation de ligne, de manœuvre de bancs de condensateurs, de délestage et de reprise de charge. D'autres automatismes peuvent facilement être programmés et intégrés au système.

Bureau de commercialisation

DEUX LICENCES ACCORDÉES À VIBRO-METER

Deux systèmes de mesure mis au point par le service *Essais et Expertises techniques* de la région *Maisonneuve* ont fait l'objet récemment d'un accord de commercialisation avec un partenaire extérieur. Il s'agit en premier lieu du système MESSIRE (mesure simplifiée du rendement de la turbine), conçu et réalisé pour répondre aux besoins du service *Équipements de production (VPRE)* dans le cadre du projet de maintenance prévisionnelle des groupes turbines-alternateurs.

Ce système, qui comprend logiciels, traducteurs et ordinateurs, sert à mesurer en temps réel et de façon continue le débit d'eau turbiné et le rendement énergétique de chaque turbine. Il permet notamment de dépister une baisse de rendement causée par l'usure ou par un bris de la machine, ou encore une augmentation des pertes de charge due à l'obstruction des grilles à débris. MESSIRE a été validé à la centrale de Carillon sur une turbine de type Kaplan. On évalue présentement le système afin de l'étendre éventuellement au réseau. Aux États-Unis, plusieurs sociétés d'électricité se sont montrées intéressées à l'utiliser pour la gestion optimale du débit des rivières.

Le second système, nommé ECOR (évaluation du comportement des régulateurs de vitesse), sert à ausculter et à ajuster les régulateurs qui commandent les groupes turbines-alternateurs. Il s'agit donc d'un outil de maintenance des régulateurs qui assurent en partie la sécurité des groupes, la fiabilité de la production énergétique et la stabilité du réseau.

Ces deux systèmes seront commercialisés par la société Vibro-Meter, filiale d'Hydro-Québec, qui commercialise déjà le système de mesure de l'entrefer des alternateurs. Les deux produits seront disponibles en version FLUKE et PC. Ils constituent les premiers produits commercialisés parmi un groupe de logiciels et de systèmes visant à optimaliser l'exploitation des centrales hydroélectriques.

Rappelons qu'une vingtaine de logiciels spécialisés mis au point par Hydro-Québec sont commercialisés dans 50 pays par l'entremise d'entreprises affiliées.

Bureau de commercialisation

Au cours de l'année, Hydro-Québec International (HQI) a poursuivi ses efforts en vue de promouvoir et de commercialiser le savoir-faire de l'entreprise. Cette filiale d'Hydro-Québec est présente dans trente pays d'Afrique, d'Asie, d'Amérique du Sud et des Antilles. Le groupe TAI a de plus participé à la tenue de congrès scientifiques internationaux à Montréal.

AFRIQUE

Cameroun

Notre collaboration avec la Société nationale d'électricité du Cameroun (SONEL) s'est poursuivie cette année encore par le biais de l'important programme de formation et d'assistance technique mis sur pied il y a plusieurs années. En vertu d'un nouveau contrat de coopération et d'appui institutionnel conclu avec la SONEL, une dizaine de spécialistes d'Hydro-Québec œuvrent au sein de la société. Le programme de formation destiné aux ingénieurs, aux techniciens et aux cadres de la SONEL s'est également poursuivi pour la sixième année consécutive dans des établissements d'enseignement du Québec et dans divers services d'Hydro-Québec.

Côte d'Ivoire

Cinq spécialistes d'Hydro-Québec ont été détachés pour des périodes de un à deux ans auprès d'organismes de la Côte d'Ivoire. L'un d'entre eux a agi à titre de conseiller en matière de comptabilité et de finances auprès de la société d'énergie électrique nationale. Trois autres ont œuvré dans les domaines du transport et de la distribution, tandis que le dernier, un ingénieur en distribution, œuvrait au sein de la direction Contrôle des grands travaux.

Égypte

Deux cadres et quatre ingénieurs de l'Egyptian Electricity Authority ont effectué des stages de formation à Hydro-Québec dans le domaine de la conduite de réseaux. Ces stages étaient organisés dans le cadre du projet d'installation d'un centre de conduite du réseau au Caire, réalisé par Ontario Hydro.

Éthiopie

Nous avons entepris au cours de l'année une étude de faisabilité concernant le projet hydroélectrique de Halele-Werabesa pour le compte de l'Ethiopian Electric Power Authority. Cette étude est réalisée en collaboration avec les firmes de génie-conseil Rousseau, Sauvé, Warren et ACRES.

Ghana

Un projet d'électrification de la région de Hohoe-Jasikan a débuté à la fin de 1990 pour le compte de l'Electricity Corporation of Ghana. Il s'agit de mettre en place un réseau de distribution utilisant le système nord-américain de mise à la terre. Ce projet se terminera au cours de 1991.

Guinée

En collaboration avec la firme Price-Waterhouse, un contrat d'assistance technique a débuté en 1990. Trois experts d'Hydro-Québec spécialisés dans les domaines de la production, du transport et de la distribution ont été détachés pour une période de deux ans auprès de la société nationale d'électricité de Guinée (ENELGUI).

Madagascar

Dans le cadre d'une étude de planification amorcée en 1988, nous avons réalisé des études tarifaires et poursuivi un important programme d'assistance technique et de formation du personnel de l'entreprise nationale d'électricité. Ce projet vise à établir un premier plan d'expansion au moindre coût des réseaux de production et de transport d'électricité pour l'ensemble du pays. L'assistance technique a pris fin au printemps 1990 et l'étude se terminera au début de 1991.

Mali

Réunie en consortium avec la société belge Tractebel, HQI a supervisé les travaux de construction, amorcés l'an dernier, d'une ligne à 150 kV de 230 km de longueur entre Bamako et Ségou. Cette ligne constituera l'une des principales artères du réseau malien et alimentera des réseaux à moyenne tension à 15 kV et à 30 kV. L'étude d'ingénierie de cette ligne, entreprise par HQI en 1984, s'était terminée en 1988.

Par ailleurs, un expert en normalisation des équipements s'est ajouté à l'expert en approvisionnement détaché l'an dernier pour une période de deux ans auprès de la société nationale d'électricité (EDM).

Maroc

Deux études préliminaires ont été achevées en début d'année : la première touchait l'aménagement d'une micro-centrale hydroélectrique dans un village de l'Atlas marocain ; la seconde avait trait à un réseau de distribution pour une cinquantaine de villages. Ces deux études ont été réalisées pour le compte du ministère de l'Énergie et des Mines du Maroc, en collaboration avec la firme de génie-conseil Dessau.

Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal

Des études économiques complémentaires ont été effectuées relativement à la future ligne de transport qui acheminera l'énergie de la centrale hydroélectrique de Manantali, au Mali, aux trois pays membres de l'Organisation, soit le Mali, la Mauritanie et le Sénégal.

Au cours des dernières années, HQI a réalisé, en collaboration avec la firme de génie-conseil Dessau, plusieurs études de planification de réseau, de conception et de tracé de lignes pour le compte de l'Organisation.

Sénégal

Un spécialiste d'Hydro-Québec détaché en 1987 auprès de la Société nationale d'électricité du Sénégal a poursuivi son mandat cette année. Il agit toujours à titre de conseiller technique dans le domaine des comptes-clients.

Togo

Un spécialiste en gestion des stocks et de l'approvisionnement de la région Saint-Laurent, détaché pour deux ans auprès de la société d'énergie électrique du Togo, a poursuivi son mandat qui se terminera à l'automne 1991.

Tunisie

Un séminaire sur la technologie du transport à haute tension a été donné à Tunis par un spécialiste d'Hydro-Québec, dans le cadre d'un contrat de fourniture d'expertise et de formation d'une durée d'un an qui a débuté en novembre 1990.

ASIE

Bangladesh

Des travaux complémentaires ont été effectués en 1990 sur le Centre de conduite du réseau du Bangladesh. Ce centre a été conçu, installé et mis en route par HQI au cours des dernières années.

Malaysia

Le réseau interconnecté de l'État de Sabah, en Malaysia, compte d'ici à six ans ajouter une dizaine de postes et de centrales électriques aux cinq qu'il possède déjà. Pour ce faire, un premier Centre de répartition national doit être mis en place pour procéder à la conduite du réseau en temps réel. Un réseau moderne et fiable de télécommunications (probablement par micro-ondes) doit également être installé en raison de l'insuffisance et de la précarité de l'actuel réseau à courant porteur.

C'est en mai 1987 que HQI a répondu à un appel d'offres international de la firme Lembaga Letrik Sabah. Sa proposition a été retenue et comporte tous les services d'ingénierie et d'assistance requis pour réaliser le projet, de l'étude de faisabilité à la supervision de la mise en service des systèmes de répartition et de télécommunications. Tous les équipements sont fournis clés en main par un fabricant choisi par appel d'offres. Le projet pourra de plus inclure la construction d'un bâtiment pour abriter le Centre.

Le service Automatisation et Protection, Postes et Édifices du groupe Équipement agira à titre de maître d'œuvre du projet. Les spécialistes d'Hydro-Québec verront ainsi à la conduite du réseau, à la planification des automatismes et des télécommunications, à l'ingénierie des systèmes, à l'architecture, au suivi en usine, à la surveillance de chantier, aux essais de mises en route, à la formation, etc. Le programme directeur prévoit que le projet, dont le coût pourrait dépasser les 30 millions de dollars, s'échelonnera sur 2 ans et 7 mois.

Inde

Une aide technique ponctuelle a été apportée à la société Bharat Heavy Electricals relativement à l'installation d'équipements de compensation destinés à une aciérie que l'Hindustan Development Corporation projette de construire à Gwalior.

Le service Simulation de réseaux du groupe TAI a par ailleurs poursuivi sa collaboration à un projet spécial de recherche-développement approuvé par la Commission de planification. Ce projet vise à procurer à la société indienne d'électricité une expertise en matière de conception, d'installation et d'exploitation de réseaux CCHT. La société a entrepris la construction d'une liaison expérimentale CCHT à 200 kV, 400 MW, d'une longueur d'environ 200 km. En plus de participer à la mise en service de la première phase qui s'est terminée en octobre 1989, nous agissons à titre de conseiller en ce qui a trait à la conception des deuxième et troisième phases.

Philippines

Un expert de l'IREQ agit à titre de conseil afin de revoir les études touchant une liaison à courant continu qui reliera la future centrale géothermique de l'île de Leyte à celle de Luzon aux Philippines.

République populaire de Chine

Hydro-Québec a continué d'offrir son assistance technique aux divers instituts de recherche en électricité de ce pays. Plusieurs ingénieurs et spécialistes chinois ont effectué des stages dans différents services de l'entreprise sur des sujets tels la simulation de réseau, la télémesure, la télécommande, la protection des réseaux, la vibration des conducteurs, etc.

Par ailleurs, une étude de faisabilité a été amorcé en 1990 concernant le projet hydroélectrique de Xiaolangdi. À cet effet, un spécialiste de la direction Réfections et Modifications de centrales a effectué une mission de quatre mois en Chine.

ANTILLES ET AMÉRIQUE DU SUD

Guyane anglaise

Une étude de diagnostic d'entreprise a été effectuée auprès de la Guyana Electric Corporation pour le compte de l'UNIDO (United Nations Industrial Development Organization). L'étude a porté principalement sur la structure financière de l'entreprise et sur la tarification.

Haïti

Deux études ont été réalisées au cours de l'année pour le compte de la société Électricité d'Haïti. L'une portait sur le plan directeur d'électricité pour l'ensemble du pays, et l'autre sur les besoins de formation de l'entreprise.

République Dominicaine

Conjointement avec la firme montréalaise Sofati, HQI a conclu une première entente de concession touchant l'exploitation d'un réseau de distribution d'électricité. En vertu de cette entente, les deux entreprises deviendront progressivement concessionnaires du réseau de distribution de la ville de Santo Domingo, en République Dominicaine, au fur et à mesure que le réseau sera rénové. De plus, au terme des quatre années prévues pour mener à bien la rénovation, HQI et Sofati pourront exploiter le réseau pendant onze ans.

Venezuela

En vertu d'un contrat d'assistance technique signé avec le consortium HQI-BELT en 1987, Hydro-Québec a continué de fournir une expertise à la société Electrificacíon del Caroni dans le domaine du transport à 800 kV.

INTERCONNEXIONS ÉLECTRIQUES MULTINATIONALES

Égypte-Turquie

Une étude d'interconnexion des réseaux de l'Égypte, de l'Irak, de la Jordanie, de la Syrie et de la Turquie, amorcée en 1989 en collaboration avec Ontario Hydro, s'est poursuivie au cours de l'année. Le secrétariat de l'organisme formé par ces pays pour gérer l'étude est situé à Amman, en Jordanie. Un spécialiste d'Hydro-Québec a en outre été détaché au Caire pour la durée de l'étude.

Péninsule arabique

Une étude d'interconnexion des réseaux des pays de la péninsule arabique s'est poursuivie. Elle avait été amorcée l'an dernier en collaboration avec la firme Lavalin pour le compte du Conseil de coopération du Golfe. Outre le Bahreïn, où siège le comité responsable de l'étude, les pays visés sont le Koweit, l'Arabie Saoudite, Qatar, Oman et les Émirats arabes unis.

Zaïre-Égypte

Nous avons terminé cette année un contrat entrepris en 1989 et visant à établir les termes d'un mandat en vue d'une étude d'interconnexion entre le Zaïre et l'Égypte. Ce contrat a été réalisé pour le compte de la Banque africaine de développement.

ACTIVITÉS RELIÉES AU SOMMET DES PAYS FRANCOPHONES

De nombreuses activités se sont tenues cette année dans le cadre du programme de coopération et de formation en matière de gestion des entreprises d'électricité. Ce programme, lancé en 1987 à la demande du gouvernement du Québec par suite du Sommet des pays francophones, a pour objet de mettre à la disposition d'autres entreprises l'expertise technologique et le savoir-faire administratif d'Hydro-Québec afin d'aider celles-ci à répondre à leurs besoins en matière de planification, d'exploitation et de gestion. Le budget alloué à ce programme quinquennal, géré par HQI, est de 5 millions de dollars.

Divers projets de formation ou de coopération ont donc été menés en 1989 dans plusieurs pays francophones d'Afrique, notamment les suivants :

— Une étude d'interconnexion a été réalisée tandis qu'un plan directeur sous-régional était élaboré dans la région C de l'Afrique, qui regroupe le Mali, le Sénégal, la Mauritanie, la Gambie et la Guinée-Bissau.
— Une étude a examiné la possibilité d'implanter un système de télécommunications destiné à la gestion du réseau de la Société nationale d'électricité du Cameroun (SONEL).
— Une étude de faisabilité a été réalisée pour évaluer la production et la distribution d'énergie à Bissau, capitale de la Guinée-Bissau.
— Deux séminaires sur le système de distribution nord-américain (MALT) ont été tenus, l'un au Niger, l'autre au Burkina Faso.
— Le plan de redressement de la Regideso, société nationale d'électricité du Burundi, a été mis à jour.
— Trois spécialistes d'Hydro-Québec ont participé au Séminaire sur les coûts marginaux et la tarification tenu à Madagascar.
— Une mission technique et économique a été effectuée auprès de la STEG en Tunisie afin d'analyser la faisabilité d'un projet pilote utilisant la technologie canadienne du Système d'alimentation par couplage capacitif (SCC-2) pour le développement rural planifié en Tunisie.
— Haïti a été l'objet de trois programmes d'intervention sous la forme de trois missions d'Hydro-Québec dans les domaines techniques et économiques menées auprès d'EDH. De concert avec cette société, dix spécialistes d'Hydro-Québec ont ainsi recueilli les données nécessaires pour dégager des pistes de solution à court, moyen et long terme aux problèmes de la fourniture d'électricité en Haïti (production, transport et distribution).

CONGRÈS DU COMITÉ DES TRANSFORMATEURS DE L'IEEE À MONTRÉAL

Hydro-Québec s'est vu confier cette année le mandat d'organiser la tenue du congrès semestriel du Comité des transformateurs de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Ce comité a pour mandat de promouvoir et de coordonner les activités de la Power Engineering Society — une constituante de l'IEEE — dans le domaine des transformateurs de puissance et de mesure. Ces activités consistent principalement à rédiger ou à réviser les normes d'essais de l'IEEE et de l'American National Standards Institute (ANSI) en ce qui touche les transformateurs et autres appareils reliés au transport électrique.

Le groupe TAI est représenté au sein de ce comité par deux membres permanents, qui ont pris en charge l'organisation du congrès. Tenu à Montréal du 21 au 24 octobre 1990, celui-ci a attiré une assistance de 257 ingénieurs, un record. Parmi les activités proposées aux congressistes, mentionnons une visite du laboratoire Haute tension qui a attiré plus de 200 participants. À l'occasion d'un dîner-conférence, un membre du groupe TAI a entretenu l'auditoire sur les orages géomagnétiques et leurs effets sur les réseaux électriques.

CONGRÈS INTERNATIONAUX SUR LES CONTACTS ÉLECTRIQUES

Deux congrès internationaux se sont déroulés conjointement à Montréal au mois d'août 1990 : le *15th International Conference on Electric Contacts (IECC)* et le *36th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts*. Il s'agissait d'une première pour le Canada, qui devra attendre le prochain siècle avant d'accueillir à nouveau cette manifestation bisanuelle. Quelque 300 participants ont assisté à cette tribune internationale où sont présentés les progrès accomplis dans le domaine des contacts électriques, ainsi que les matériaux et procédés de pointe en matière d'équipements électriques, électroniques et de télécommunications. Les participants se sont vu offrir un total de 86 exposés sur les sujets les plus variés ainsi qu'une visite des installations de recherche et d'essais de l'IREQ.

Technologie des matériaux

Guy Bélanger, chef du service Chimie des matériaux, a été nommé membre titulaire *(fellow)* de l'Académie des sciences de la Société royale du Canada.

Roland Gilbert, chercheur du service Chimie des matériaux, a été nommé membre titulaire *(fellow)* de l'Institut de chimie du Canada. Il a également mérité, de concert avec Claude Lamarre, le prix de l'Electrical Power Research Institute (EPRI) pour ses travaux sur la décomposition de la morpholine dans les circuits des centrales nucléaires.

Claude Lamarre, chercheur du service Câbles et Isolants, a mérité, conjointement avec Roland Gilbert, le prix de l'Electrical Power Research Institute pour ses travaux sur la décomposition de la morpholine dans les circuits des centrales nucléaires.

Michel Landry, chercheur du service Appareillage électrique, a été nommé chercheur de l'année de ce service.

Sarma Maruvada, chercheur du service Lignes aériennes, a été nommé président du Comité 36 sur l'interférence de la Conférence internationale des grands réseaux électriques (CIGRÉ).

Ashok K. Vijh, O.C., maître de recherche à la vice-présidence Recherche, a été honoré à plusieurs reprises au cours de l'année. Il a d'abord été nommé Officier de l'Ordre du Canada en reconnaissance de ses travaux en électrochimie et de leur rayonnement dans les milieux scientifiques canadiens et internationaux. Les lettres O.C. témoignent de cette distinction.

L'Institut de chimie du Canada lui a par ailleurs attribué sa Médaille de palladium, la plus haute distinction dans le domaine de la recherche en chimie au Canada. Enfin, ses collègues de l'Académie des sciences de la Société royale du Canada l'ont élu directeur de la Division des sciences appliquées et du génie.

De g. à d. : Michel Bourdages, Guy Saint-Jean (TAI), Michel Mondor (Joslyn Canada), Robert Jones (R&D 100), Robert Giraldeau (TAI) et Daniel Dumont (Joslyn Canada).

PRIX R&D 100

La revue américaine *Research & Development* a décerné un prix R&D100 au parafoudre ZQTS, dans le cadre de son concours annuel. Ce parafoudre antidéflagrant à enveloppe de béton polymère a été mis au point de concert avec la société Joslyn Canada. L'équipe du groupe TAI comprenait Michel Bourdages, chercheur du service Lignes aériennes, ainsi que Guy Saint-Jean, chef de service, et Robert Giraldeau, technicien, tous deux du service Appareillage électrique.

PRIX MICA

Le Conseil de l'industrie de l'électronique du Québec a attribué son prix MICA au dispositif PAVICA, le palpeur et analyseur de vibrations de conducteurs aériens, mis au point par Jean Brunelle et Claude Hardy, chercheurs du service Mécanique, et Jacques Bélanger, technicien du service Électronique. La mise au point de l'appareil, mis en marché par la société Roctest de Saint-Lambert (Québec), a été commanditée par la division Lignes, service Équipements de transport (VPRE).

De g. à d. : Jacques Bélanger, Jean Brunelle et Claude Hardy.

De g. à d. : Marie-Claude Pétrin, Jean-Luc Fihey et Raynald Simoneau, chercheurs, Jacques Larouche et Raynald Rioux, techniciens (tous du service Technologie des matériaux) ; Serge Turcotte, technicien (Services techniques) ; Martin Beaudoin, chercheur (service Électronique) ; Tony Di Vincenzo, technicien, et Bruce Hazel, chercheur (service Technologie des matériaux).

ÉQUIPE DE RECHERCHE DE L'ANNÉE

L'équipe de recherche Cavitation du service Technologie des matériaux a été nommée équipe de recherche de l'année au sein de la vice-présidence Recherche. Les travaux de cette équipe ont trait à la mise au point de nouveaux matériaux tel l'acier Hydroloy (Ireca), destiné à réduire l'usure des turbines et à accroître leur durée de vie, ainsi qu'au développement de procédés de réparation, notamment au moyen de dispositifs robotisés.

ORGANIGRAMME DU GROUPE TAI

GROUPE TECHNOLOGIE, AFFAIRES INTERNATIONALES ET IREQ
Vice-président exécutif
Maurice Huppé

VICE-PRÉSIDENCE RECHERCHE
Alain Brosseau

Services

Appareillage électrique
Guy Saint-Jean

Câbles et Isolants
Jean-Pierre Crine

Chimie des matériaux
Guy Bélanger

Électronique
René Blais

Lignes aériennes
Germain Harbec

Mécanique
Yvan Couture

Méthodes numériques
Gilles Desrochers

Technologie des matériaux
Raymond Roberge

Administration de projet
Fusion
Richard Bolton

VICE-PRÉSIDENCE LABORATOIRES
(vacant)*

Services

Laboratoire Grande puissance
Rhéaume Veilleux

Laboratoire Haute tension
Paul-Émile Vohl

Mesure et Informatique
François Bousquet

Services techniques
Michel Leclerc

Simulation de réseaux
Jean-Claude Deslauriers

VICE-PRÉSIDENCE DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE ET COMMERCIALISATION
(vacant)**

Direction
Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE)
Louis-F. Monier

Service
Électrotechnologies industrielles
Antoine Duchesne

Chargé de Chimie et Électrochimie industrielles
Antoine Théorêt

Chargé de Plasmas industriels
Michel Drouet

Administration de projets de développement
Jacques Germain

Chefs de projets
Radu Manoliu
Gianfranco Pazzuello
Dominique Kluyskens
Isabelle Léveillée

Service
Bureau de commercialisation
Claude Dumas

DIRECTION PLANIFICATION DE LA TECHNOLOGIE
Hugues Saint-Onge

Service
Plans et Suivi
José Salgado

DIRECTION ADMINISTRATION ET CONTRÔLE
Gilles Lacoste

Service
Ressources humaines, Approvisionnement et Information
Jean Lapointe

*Louis Massot occupe maintenant le poste de vice-président Planification du réseau.

**Toby Gelbg est maintenant président-directeur général de Systèmes MJL

FILIALES D'HYDRO-QUÉBEC

HYDRO-QUÉBEC INTERNATIONAL
Président-directeur général
Michel Therrien

Vice-présidence
Développement des affaires
Michel De Broux

Direction Projets
René Leclerc

Direction
Finances et Administration
Jean-Louis Bolduc

NOUVELER
Président-directeur général
Claude Bolduc

Direction
Services juridiques
Anne Côté

Direction
Finances et Administration
Josée Lacasse

CENTRE D'INNOVATION EN TRANSPORT D'ÉNERGIE DU QUÉBEC (CITEQ)
Président-directeur général
Jean-Guy Pineault

Avril 1991